

Biokraftstoffe

eine vergleichende Analyse



Herausgeber

Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e. V. (FNR)
Hofplatz 1 • 18276 Gülzow
info@fnr.de • www.fnr.de
www.bio-kraftstoffe.info

Mit finanzieller Förderung des Bundesministeriums
für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz

Gedruckt mit Farben auf Leinölbasis



Impressum

Herausgeber:

Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e. V. (FNR)
Hofplatz 1 • 18276 Gülzow
info@fnr.de • www.fnr.de
www.bio-energie.de

Mit finanzieller Förderung des Bundesministeriums
für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz

Text:

Biokraftstoffe im Vergleich:
Projektleitung: Dr. Norbert Schmitz,
meo consulting Team, schmitz@meo-consulting.com
Text: Dr. Norbert Schmitz, Jan Henke, Prof. Gernot Klepper

Daten und Fakten zu Biokraftstoffen: FNR

Gestaltung und Realisierung:

WPR COMMUNICATION, Berlin

2006

Inhalt

Vorwort	5
Teil I: Biokraftstoffe: eine vergleichende Analyse für Entscheidungsträger in Politik, Verwaltung und Wirtschaft	
1. Einleitung	9
1.1. Gegenstand und Zielsetzung der Studie	9
1.2. Vorgehensweise	10
1.3. Auswahl der in den Vergleich einbezogenen Biokraftstoffe	11
1.4. Relevante Vergleichs- und Bewertungskriterien	12
2. Biokraftstoffe im Vergleich	16
2.1. Szenario 2005	16
2.2. Szenario 2015	18
2.3. Stärken und Schwächen der Biokraftstoffe im Vergleich	20
2.4. Erläuterungen	22
3. Profile der Biokraftstoffe	36
3.1. Biodiesel (Rapsölmethylester, RME)	36
3.2. Pflanzenöl (Rapsöl)	40
3.3. Bioethanol	42
3.4. BtL-Kraftstoff	52
3.5. Biogas	56
3.6. Bio-Wasserstoff	58
4. Gesamtwirtschaftliche Effekte der Biokraftstoffproduktion in Deutschland	60
4.1. Die Auswirkungen der Förderung von Biokraftstoffen	61
4.2. Einkommens- und Beschäftigungseffekte	64
4.3. Rohstoffbedarf, Flächenbindung und Steuerausfall bei angenommener Biokraftstoffverwendung (ausschließlich heimische Rohstoffe) 2005	68
5. Zusammenfassung und Schlussfolgerungen	70
5.1. Marktreife, Wettbewerbsfähigkeit und Fördernotwendigkeit	70
5.2. Potenziale	71
5.3. Treibhausgaseinsparungen	72
5.4. Effekte in der deutschen Landwirtschaft	72

Inhalt

6.	Anhang	74
6.1.	Eigenschaften Biokraftstoffe im Vergleich	74
6.2.	Datenquellen	76
6.3.	Literaturquellen	78
6.4.	Abkürzungsverzeichnis	82

Teil 2: Daten und Fakten zu Biokraftstoffen

1.	Allgemeine Kenngrößen Biokraftstoffe in Deutschland	86
1.1.	Kraftstoffverbrauch	86
1.2.	Rohstoffe	88
1.3.	Produktionskapazitäten	88
1.4.	Produktion und Absatz	92
1.5.	Marktpreise	94
1.6.	Herstellungskosten	95
1.7.	Break-Even-Point biogener Kraftstoffe	96
2.	Allgemeine Kenngrößen Biokraftstoffe EU 25	97
3.	Übersicht über die Besteuerung und Beimischung von Biokraftstoffen in ausgewählten EU-Mitgliedsstaaten	106

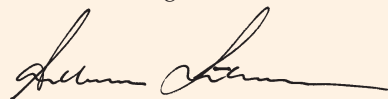
Vorwort

Mehr denn je beschäftigen Biokraftstoffe die Medien und die Öffentlichkeit, sehr geehrte Damen und Herren!

Das liegt nicht nur an den steigenden Preisen für fossilstämmige Kraftstoffe und der Notwendigkeit, unter den Gesichtspunkten des Ressourcen- und Umweltschutzes Kraftstoffalternativen aufzuzeigen. Eine Erklärung ist auch darin zu finden, dass unter den regenerativen Energieträgern nur die Biomasse zum heutigen Zeitpunkt tatsächlich für die Gewinnung alternativer Kraftstoffe nutzbar ist. Viele Optionen sind momentan offen, um unterschiedlichste Biomasse-Rohstoffe über verschiedene Technologien in Kraftstoffe umzuwandeln. Nun gilt es für Politik und Wirtschaft auszuloten, wie kurz-, mittel- und langfristige agiert werden soll. Wer hier mitdiskutieren will, braucht verlässliche Grunddaten.

In vorliegender Veröffentlichung sind diese Daten nicht nur zusammengetragen, sondern im ersten Teil vom meo Consulting Team auch anhand eines vorgegebenen Rasters verglichen worden. Mit Blick in die Zukunft werden Einsatzmöglichkeiten und Potenziale ebenso abgeschätzt wie gesamtwirtschaftliche Effekte der Biokraftstoffproduktion. Der zweite Teil der Veröffentlichung trägt in Tabellenform die Daten zusammen, die ein aktuelles Bild der Biokraftstoffnutzung in Deutschland ermöglichen. Von Produktionsmengen über Absatzmengen, Herstellungskosten und Marktpreisen reicht die Auflistung bis hin zu Mengenszenarien. Um die Beurteilung der Situation in Deutschland im internationalen Kontext zu ermöglichen, werden auch Zahlen zum Biokraftstoffeinsatz in anderen europäischen Ländern aufgelistet. Die Übersicht über die Besteuerung und Beimischung schließlich macht deutlich, welche Prioritäten einzelne Länder der Option Biokraftstoffe beimessen.

Die vorliegende Veröffentlichung ist dennoch nur als Momentaufnahme zu verstehen. Denn in Deutschland und europaweit arbeiten Wissenschaftler engagiert an neuen Technologien und Nutzungsmöglichkeiten. Ich hoffe sehr, dass es uns gelingt, die Möglichkeiten der Biomasse ökonomisch und ökologisch sinnvoll zu nutzen und sie damit als festes Standbein für die Kraftstoffversorgung aber auch für die Einkommenssicherung der Land- und Forstwirtschaft zu etablieren.



Dr.-Ing. Andreas Schütte
Geschäftsführer



Teil 1

Biokraftstoffe

eine vergleichende Analyse

Dr. Norbert Schmitz, meó Consulting Team

Für die Unterstützung bei der Erarbeitung der im ersten Teil der Broschüre veröffentlichten Studie möchten wir folgenden Unternehmen danken:

- CHOREN Industries GmbH
- DaimlerChrysler AG
- Deutsche BP AG
- Deutsche Shell Holding GmbH
- D.M.2 Project GmbH
- Institut für Weltwirtschaft (IfW)
- Kraul & Wilkening u. Stelling KG-GmbH & Co. (KWST)
- Linde AG
Geschäftsbereich Linde Gas
- Schmack Biogas AG
- Toepfer International GmbH
- Vogelbusch GmbH

1. Einleitung

1.1. Gegenstand und Zielsetzung der Studie

Die Nutzung von Biomasse zur Erzeugung von Biokraftstoffen ist neben fahrzeugtechnischen Maßnahmen zur Effizienzsteigerung heute die einzige Option im Transportsektor, fossile Rohstoffe zu ersetzen und Treibhausgase einzusparen (bei ansonsten gleichbleibenden Verhaltensweisen). Grundsätzlich weist der Biomasseinsatz im Strom- und Wärmebereich im Vergleich zum Transportsektor Vorteile auf. Im stationären Bereich können i.d.R. höhere Wirkungsgrade erreicht werden, allerdings stehen auch alternative Energiequellen wie die Solarthermie zur Verfügung. Im Transportsektor, der erheblich zu den heutigen Treibhausgasemissionen beiträgt, stehen derartige Alternativen nicht zur Verfügung.

In der vorliegenden Studie findet daher ein Vergleich der heute als relevant erachteten Biokraftstoffe anhand ausgewählter Kriterien statt. Andere energetische oder auch stoffliche Verwendungsformen von Biomasse und deren mögliche Vorteilhaftigkeit im Vergleich zur Verwendung von Biomasse im Biokraftstoffbereich werden nicht berücksichtigt.

Bisherige Studien zu Biokraftstoffen betrachten häufig nur einzelne Biokraftstoffe und einzelne Aspekte, sind z.T.

schwer nachvollziehbar und richten sich überwiegend an ein wissenschaftlich orientiertes Fachpublikum. Eine vergleichende Darstellung von Biokraftstoffen anhand ausgewählter Kriterien erfolgte bisher nur eingeschränkt.

Im Gegensatz zur Kraftstoffmatrix der Bundesregierung, die über 250 biogene und fossile Kraftstoffpfade betrachtet und in verschiedenen Dokumenten und Tabellen beschreibt, werden in der vorliegenden Studie ausschließlich die nach heutiger Einschätzung relevanten Biokraftstoffe betrachtet und komprimiert vergleichend dargestellt. Die Bewertung erfolgte auf Basis der 2005 zur Verfügung stehenden Informationen.

Als Ergänzung zur Kraftstoffmatrix und im Gegensatz zu vielen anderen Studien wurden dabei neben der relevanten Literatur auch umfassend aktuelle Informationen aus der Praxis zu den Umwelteffekten, Kosten- und Mengenpotenzialen und Technologien berücksichtigt. Dies erleichterte auch die Zukunftseinschätzung für die einzelnen Biokraftstoffe und stellt die Studie auf eine breitere Basis.

Biokraftstoffe sind definiert als erneuerbare Energieträger, die aus Biomasse gewonnen werden, wobei Biomasse sich aus der Gesamtheit des organischen Materials eines Ökosystems zusammensetzt. Im

Vordergrund dieser Studie steht v.a. die Produktion von Biokraftstoffen aus nachwachsenden Rohstoffen.

Insgesamt soll die vorliegende Studie als eine transparente, nachvollziehbare „Management Summary“ für Entscheidungsträger und die Öffentlichkeit dienen. Dabei soll sie zur Beseitigung bestehender Defizite bei der bisherigen Analyse und Darstellungsform von Biokraftstoffen beitragen und den Diskussions- und Entscheidungsprozess hinsichtlich der weiteren Förderung und Markteinführung von Biokraftstoffen unterstützen.

1.2. Vorgehensweise

Unter der Leitung des meo Consulting Team wurde ein ausgewogenes Projektteam aus 11 Unternehmen und einem Forschungsinstitut zusammengestellt. Das Projektteam vereint fachlich qualifizierte Mitarbeiter von führenden Biokraftstoffproduzenten, Unternehmen der Mineralölindustrie, des Anlagenbaus, des Automobilbaus und des Agrarhandels dergestalt, dass die kompletten Wertschöpfungsketten von der landwirtschaftlichen Rohstoffproduktion bis hin zur Verwendung der Biokraftstoffe im Kraftstoffsektor abgebildet werden konnte. Dies ermöglichte die Verwendung aktueller Informationen und Daten aus der Praxis und die Verwendung von Einschätzungen von Experten zu den Umwelteffekten, Kosten-

und Mengenpotenzialen sowie Technologien.

In diesem Projektteam wurden die relevanten und zu vergleichenden Biokraftstoffe ausgewählt, die Bewertungskriterien festgelegt und die Darstellungsformen diskutiert. Während des Verlaufs des Projektes wurden Workshops zu unterschiedlichen Themenschwerpunkten organisiert. In den Phasen zwischen den Workshops fanden entsprechende Vor- und Nachbereitungsmaßnahmen statt, wurde relevante Literatur ausgewertet sowie weitere Experteninterviews durchgeführt.

Vorab muss ausdrücklich auf die erheblichen Unsicherheiten durch Marktpreisschwankungen bei den Roh- und Einsatzstoffen, den Kuppel- und Endprodukten sowie den fossilen Substituten hingewiesen werden. Diese haben einen erheblichen Einfluss auf die Ergebnisse der Bewertungskriterien von Biokraftstoffen wie Produktionskosten, Treibhausgasvermeidungskosten, internationale Wettbewerbsfähigkeit und den Aufwand für die Markteinführung. Dies gilt insbesondere auch für den Rohölpreis und damit auch für die Produktionskosten fossiler Kraftstoffe. Im Rahmen des Projektes wurde daher versucht, diese Unsicherheiten durch Expertenbefragungen sowie Auswertungen von relevanter Literatur zu reduzieren, um so zu belastbaren Aussagen zu kommen.

Heute befinden sich von den hier betrachteten Biokraftstoffen Biodiesel, Pflanzenöl und Bioethanol aus Zucker bzw. Stärke bereits im Markt. Bei den anderen Biokraftstoffen wird die Markteinführung erst vorbereitet bzw. es besteht teilweise noch erheblicher F&E-Bedarf. Die Datenlage für Biodiesel, Pflanzenöl und Bioethanol aus Zucker und Stärke ist relativ gut. Es bestehen aber noch große Unsicherheiten bei der Bewertung von BtL, Biogas und insbesondere Biowasserstoff. Bei BtL beispielsweise besteht Bedarf an der Umsetzung vorhandener technischer Konzepte im großtechnischen Produktionsbetrieb. Erst dann können belastbare Daten gewonnen werden. Bei den in dieser Darstellung gemachten Angaben handelt es sich damit teilweise um Schätzwerte.

1.3. Auswahl der in den Vergleich einbezogenen Biokraftstoffe

Zusätzlich zu den fossilen Otto- und Dieselmotoren bestehen verschiedene alternative Kraftstoffoptionen. Dazu gehören neben den ebenfalls auf Basis fossiler Rohstoffe hergestellten Alternativen wie Erdgas (Compressed Natural Gas (CNG) und Liquefied Petroleum Gas (LPG)), Coal-to-Liquid-Kraftstoff (CtL) oder Gas-to-Liquid-Kraftstoff (GtL) auch die Biokraftstoffe.

Heute bestehen verschiedene, unterschiedlich ausgereifte Biokraftstoffoptio-

nen (für die z.T. auch unterschiedliche Verwendungsmöglichkeiten bestehen), die in der vorliegenden Studie vergleichend analysiert werden. Folgende Biokraftstoffe wurden ausgewählt:

- **Biodiesel**, überwiegend produziert aus Rapsöl, als in Deutschland in unterschiedlichen Einsatzformen etablierter Biokraftstoff. Bei der Produktion werden allerdings ca. 10% fossiles Methanol eingesetzt
- **Reines Pflanzenöl (rP)** wird in Deutschland überwiegend aus Rapsaaten gewonnen. Der Einsatz beschränkt sich bislang vor allem auf den gewerblichen Schwerlastverkehr, land- und wirtschaftliche Maschinen sowie auf eine geringe Anzahl PKW
- **Bioethanol aus Zucker und Stärke** als weltweit verbreitetster und in Deutschland aus Getreide produzierter Biokraftstoff
- **Bioethanol aus Lignozellulose**, d.h. bspw. aus Gras, Stroh, Holz, Rest- und Abfallprodukten produziertes Ethanol. Die noch nicht marktreife Produktion konkurriert nicht mit der Nahrungsmittelproduktion
- **Biomass-to-Liquid (BtL)-Kraftstoffe** als mittels thermochemischer Umwandlung mit anschließender Synthese produzierte Biokraftstoffe, die grundsätzlich aus jeder Art von Biomasse gewonnen werden können. Grundlage für die Angaben in dieser Studie ist das „Choren-Verfahren“

- **Biogas** als eine regenerative Alternative zur Nutzung fossilen Erdgases und Möglichkeit der Biogasnutzung über die Stromerzeugung hinaus
- **Biowasserstoff** als eine Zukunftsoption der regenerativen Wasserstoffproduktion für die mobile Anwendung im Verbrennungsmotor und in der Brennstoffzelle.

Die Biokraftstoffe Pyrolyseöl, DME und HTU-Diesel sind derzeit und in Zukunft nach Einschätzung der beteiligten Unternehmen nicht von praktischer Relevanz. Daher wurden diese Optionen nicht weiter berücksichtigt.

1.4. Relevante Vergleichs- und Bewertungskriterien

Zur Durchführung der Vergleichsstudie wurden in einem me6-Expertenworkshop mit Vertretern aus Industrie und Wissenschaft folgende Kriterien als besonders relevant ausgewählt:*

- **Bruttokraftstofftrag (GJ/ha bzw. 1 Kraftstoffäquivalente/ha):** Der Bruttokraftstofftrag/ha ist der Indikator für die Darstellung der Flächenproduktivität, d.h. für die mögliche Energiemenge der jeweiligen Biokraftstoffe, die pro ha produziert werden können
- **Nettoenergieertrag (GJ/ha):** Der Nettoenergieertrag je ha ist die entscheidende Größe zur Feststellung der jeweils tatsächlich eingesparten Primärenergie je ha

- **Erzeugungspotenzial:** Das Erzeugungspotenzial in % des substituierten Kraftstoffs ist entscheidend, um die Möglichkeit jedes Biokraftstoffs für sich allein betrachtet als Substitut für den zu ersetzenden fossilen Kraftstoff abzuschätzen. Es wird von einer Reihe schwer prognostizierbarer Faktoren, bspw. technologische Entwicklungen, Ertragsentwicklung in der Landwirtschaft, Flächen- und Nutzungskonkurrenzen, zukünftige relative Preise etc. bestimmt, so dass nur grobe Annäherungen möglich sind
- **Produktionskosten (Euro/GJ):** Produktionskosten der Biokraftstoffe untereinander und im Vergleich zum fossilen Substitut sind der Hauptindikator für die Wirtschaftlichkeit des Einsatzes von Biokraftstoffen. Für das fossile Substitut wurde in der Studie ein Rohölpreis von 50\$/barrel zugrunde gelegt. Benzin und Diesel werden nicht unabhängig voneinander produziert. Dies ist bei der Betrachtung der Herstellungskosten zu berücksichtigen
- **Internationale Wettbewerbsfähigkeit:** Auch Biokraftstoffe werden zunehmend zu einem international gehandelten Produkt. Da die Ausgangsbedingungen der Produktion in einzelnen Ländern unterschiedlich sind, bestehen auch unterschiedliche Produktionskosten
- **CO₂-Einsparung/ha:** Ein Hauptziel der Förderung von Biokraftstoffen ist die Treibhausgasvermeidung. Die Darstellung der möglichen CO₂-Ein-

sparungen ist damit ein entscheidendes Kriterium

- **CO₂-Vermeidungskosten:** Die Vermeidungskosten sind ein wichtiger Indikator für die Effizienz klimapolitischer Maßnahmen und erlauben eine Bewertung des Einsatzes der unterschiedlichen Biokraftstoffe zur Treibhausgasvermeidung
- **Aufwand Markteinführung:** Der Aufwand für die Markteinführung ist ein wichtiges Kriterium, um Anhaltspunkte zur unterschiedlichen Marktreife der Biokraftstoffe und die notwendige Förderung zum Ausgleich ihres Kostennachteils zu bekommen. In Kapitel 2 wird auch jeweils der break-even-point, das ist der Rohölpreis, bei dem die Biokraftstoffe wettbewerbsfähig sind, benannt.

Über diese Kriterien hinaus werden in Kapitel 3 die Merkmale, Einsatzmöglichkeiten und Potenziale (technisch, wirtschaftlich, ökologisch, energie- und agrarpolitisch) der Biokraftstoffe in Kurzprofilen dargestellt.

* Im Anhang finden sich Angaben zu den jeweiligen Kriterien in einer ausführlicheren Form

1.4.1. Definition der verwendeten Kriterien für den Biokraftstoffvergleich*

	Definition
Bruttokraftstofftrag (GJ/ha bzw. l Kraftstoffäquivalente/ha)	<ul style="list-style-type: none"> Der Bruttokraftstofftrag gibt den produzierbaren Energieinhalt eines Biokraftstoffs/ha Anbaufläche an. Er ergibt sich aus dem Produkt der produzierten Menge des Biokraftstoffs/ha und dem Energiegehalt. Die Angabe erfolgt in GJ/ha bzw. in l Kraftstoffäquivalente/ha. Bei dem zweiten Wert wurde der durch den jeweiligen Biokraftstoff zu ersetzende fossile Kraftstoff zur Berechnung der Kraftstoffäquivalente verwendet (auf Basis der unteren Heizwerte).
Nettoenergieertrag (GJ/ha)	<ul style="list-style-type: none"> Der Nettoenergieertrag ergibt sich aus der Differenz des Bruttoenergieertrags und der eingesetzten Energie in der Biokraftstoffproduktion. Kuppelprodukte (bspw. DDGS, Rapsschrot, Glycerin) sind berücksichtigt und gutgeschrieben. Der Nettoenergieertrag gibt demnach die eingesparte Primärenergie in GJ/ha an.
Erzeugung bzw. Erzeugungspotenzial (in % des substituierten fossilen Kraftstoffs)	<ul style="list-style-type: none"> Für 2005 wird die tatsächliche Erzeugung in Deutschland genannt. Das Potenzial für 2015 ist mit zwei Szenarien angegeben (ausschließlich heimische Rohstoffe). Der erste Wert wurde unter der Annahme ermittelt, dass die heute für Raps, Getreide und Zuckerrüben genutzten Flächen ausschließlich für die Biokraftstoffproduktion genutzt werden. Der zweite Wert resultiert aus der Annahme, dass 20% (außer bei Biodiesel und Pflanzenöl) der Erntemenge zur Biokraftstoffproduktion verwendet werden.
Produktionskosten (Euro/GJ)	<ul style="list-style-type: none"> Produktionskosten: Gesamtkosten zur Erzeugung eines Biokraftstoffs. Genannte heutige und zukünftige Kosten beruhen auf Angaben aus der Industrie. Zahlen aus der Literatur wurden zu Vergleichszwecken hinzugezogen. Subventionen auf den Erzeugungsstufen sind nicht berücksichtigt. Kosten für eine Veränderung der Blendzusammensetzung für einen spezifikationsgerechten fossilen Kraftstoff, der Aufbau einer Infrastruktur sowie Fahrzeug-Umrüstungskosten sind nicht enthalten. Zum Vergleich sind folgende Werte angenommen: Produktionskosten Dieselmotorkraftstoff: 8,9 Euro/GJ (0,32 Euro/l) und für Benzin: 8,3 Euro/GJ (0,27 Euro/l) (Preise im Juni 2005 bei einem Ölpreis von ca. 50 US\$/Barrel Brent).

* Im Anhang finden sich Angaben zu den jeweiligen Kriterien in einer ausführlicheren Form

	Definition
Internationale Wettbewerbsfähigkeit	<ul style="list-style-type: none"> Die internationale Wettbewerbsfähigkeit gibt die Produktionskosten von Biokraftstoffen aus heimischer Produktion im Vergleich zum jeweiligen globalen Kostenführer bzw. zu den Weltmarktpreisen an (Der Faktor, um den die deutsche Produktion jeweils teurer ist, wird angegeben). Bei Biokraftstoffen, die noch nicht auf dem Markt sind, können lediglich Tendenzen aufgezeigt werden.
CO₂-Einsparung t/ha	<ul style="list-style-type: none"> Die CO₂-Äquivalente Einsparung an Treibhausgasen geben an, wie viel Treibhausgase durch Einsatz des jeweiligen Biokraftstoffs gegenüber der Verwendung fossiler Kraftstoffe eingespart werden können. Es ist berücksichtigt, dass bei der Produktion von Biokraftstoffen selbst auch Treibhausgase entstehen können.
CO₂-Vermeidungskosten (Euro/t CO₂^e)	<ul style="list-style-type: none"> Die Vermeidungskosten ergeben sich aus der Differenz der Produktionskosten eines Biokraftstoffs und dem jeweiligen fossilen Kraftstoff (bei einem angenommenen Rohölpreis von 50\$/barrel) bezogen auf die durch die Substitution erfolgte CO₂-Einsparung. Ggfs. zusätzlich entstehende Kosten der Mineralölindustrie bei einer Beimischung sind hier noch nicht berücksichtigt.
Aufwand Markteinführung	<ul style="list-style-type: none"> Der Aufwand für die Markteinführung fasst die Kosten und Maßnahmen zusammen, die für eine Einführung des Biokraftstoffs notwendig sind. Soweit der finanzielle Aufwand abschätzbar ist bzw. direkt ermittelbar ist, werden hier Summen genannt, in den anderen Fällen werden Tendenzen aufgezeigt. Unterschieden werden können die Förderung der Markteinführung, F&E Maßnahmen und dauerhafte Subventionierungen.

2. Biokraftstoffe im Vergleich

2.1. Szenario 2005

	Biodiesel	Reines Pflanzenöl	Bioethanol aus Zucker bzw. Stärke	Bioethanol aus Lignozellulose	BtL	Biogas (Angaben für Biomethan aus Silomais)	Bio-Wasserstoff**
Bruttokraftstofftrag (GJ/ha bzw. l Kraftstoffäquivalente/ha)	51/1408	51/1420	Zucker: 132/4054 Stärke: 54/1660	21/640*	135/3907	178/4977	160/4742
Nettoenergieertrag (GJ/ha)	38	35	Zucker: 88 Stärke: 30	18*	118	113	120
Erzeugung (in % des substituierten fossilen Kraftstoffs)	5,5	ca. 0,7	Zucker: 0 Stärke: 1,0	0	0	0	0
Produktionskosten (Euro/GJ)	19	14	Zucker: 24 Stärke: 22	30	30	21	26 – 37
Internationale Wettbewerbsfähigkeit	Faktor 1,2 bis 1,3	Faktor 1,3	im Vergleich zu BRA: Faktor 2,5	k.A.	k.A.	z.Z. kein internationaler Wettbewerb	k.A.
CO₂-Einsparung t/ha	3,4	3,3	Zucker: 7,2 Stärke: 2,9	1,6	10	ca. 8	k.A.
CO₂-Vermeidungskosten (Euro/t CO₂)	154	83	Zucker: 290 Stärke: 252	295	272	273	k.A.
Aufwand Markteinführung	In 2005 ca. 1 Mrd. Euro Steuerausfall	In 2005 ca. 130 Mio. Euro Steuerausfall	In 2005 ca. 214 Mio. Euro Steuerausfall	Förderung nötig, eher F&E-Unterstützung	Noch nicht im Markt, F&E-Unterstützung nötig	Noch nicht im Markt, evtl. Pilotprojekte	Noch nicht im Markt, F&E-Unterstützung nötig

* Beim Rohstoffanbau für Bioethanol aus Lignozellulose fallen auf der Fläche gleichzeitig Produkte an, die in der Nahrungsmittel- oder Ethanolproduktion verwendet werden können

** Der Wirkungsgrad von Wasserstoff in BZ-Fahrzeugen ist etwa doppelt so hoch wie bei konventionellen Antriebssystemen

2.2. Szenario 2015

	Biodiesel	Reines Pflanzenöl	Bioethanol aus Zucker bzw. Stärke	Bioethanol aus Lignozellulose	BtL	Biogas (Angaben für Biomethan aus Silomais)	Bio-Wasserstoff
Bruttokraftstofftrag (GJ/ha bzw. l Kraftstoffäquivalente/ha)	60/1656	60/1670	Zucker: 156/4776 Stärke: 68/2089	25/756*	158/4558	k.A./k.A.	k.A.
Nettoenergieertrag (GJ/ha)	45	41	Zucker: 104 Stärke: 38	21	138	k.A.	k.A.
Erzeugungspotenzial (in % des substituierten fossilen Kraftstoffs)	7	7	Zucker: 8,3/1,6 Stärke: 53,2/10,6	20,5/4,1	15,5**	hoch	Hoch, da nahezu alle Biomasse einsetzbar
Produktionskosten (Euro/GJ)	19	14	Zucker: 22 Stärke: 20	24	16	20	k.A.
Internationale Wettbewerbsfähigkeit	Faktor 1,3	Faktor 1,3 bis 1,4	Im Vergleich zu BRA: bis Faktor 2	Im Vergleich zu BRA: bis Faktor 2	k.A.	k.A.	k.A.
CO₂-Einsparung t/ha	4	3,8	Zucker: 8,5 Stärke: 3,7	2,1	12	k.A.	k.A.
CO₂-Vermeidungskosten (Euro/t CO₂e)	145	78	Zucker: 276 Stärke: 220	179	115	k.A.	k.A.
Aufwand Markteinführung	Ausgleich Kostenanteil weiter nötig	Ausgleich Kostenanteil weiter nötig	Ausgleich Kostenanteil weiter nötig	Ausgleich Kostennachteil, weiter F&E-Bedarf	Ausgleich Kostennachteil, weiter F&E-Bedarf	Ausgleich Kostennachteil ggü. Erdgas, Aufbau Infrastruktur	Förderung Markteinführung, selektiv F&E-Bedarf

* Beim Rohstoffanbau für Bioethanol aus Lignozellulose fallen auf der Fläche gleichzeitig Produkte an, die in der Nahrungsmittel- oder Ethanolproduktion verwendet werden können

** Annahme: Bereitstellung v. 10% (1,2 Mio. ha) des heute genutzten Ackerlands für Produktion von BtL-Kraftstoffen. Biomassepotenzial aus Forstwirtschaft und Recycling nicht berücksichtigt

2.3. Stärken und Schwächen der Biokraftstoffe im Vergleich

	Biodiesel	Reines Pflanzenöl	Bioethanol aus Zucker bzw. Stärke	Bioethanol aus Lignozellulose	BtL	Biogas	Bio-Wasserstoff
Stärken	<ul style="list-style-type: none"> + Genormt (B5, B100) und bereits etabliert im wachsenden Dieselmotorenmarkt + Verwendung als Beimischung ohne technische/logistische Probleme + Ausgereifte Technologie + Beimischung (B5) ohne zusätzliche Freigabe möglich + Reduktion von Partikelemissionen bei B100 auch ohne Partikelfilter 	<ul style="list-style-type: none"> + Technologisch unkompliziertes Herstellungsverfahren + Biologische Abbaubarkeit + Einsatz im LKW- und land- und bauwirtschaftlichem Bereich möglich + Geringe Herstellungskosten 	<ul style="list-style-type: none"> + Ausgereifte Technologien, D führend bei FFV + Insbesondere bei Zucker hohe Kraftstoffträge/ha (auf guten Böden) + Verschiedene Einsatzoptionen (Oktanzahlverbesserer) + Heimisches Rohstoffpotenzial groß + Bras. Ethanol im Vergleich zu Benzin wettbewerbsfähig 	<ul style="list-style-type: none"> + Verwendung von Reststoffen + Ganzheitliche Biomasseverwertung + Soll langfristig kostengünstiger sein und zu höheren CO₂-Einsparungen führen 	<ul style="list-style-type: none"> + Breite Rohstoffbasis (Land- u. Forstwirtschaft, Reststoffe) + Möglichkeit der begrenzten Anpassung (Design) von Kraftstoffen an Motorbedarf + Hohes CO₂-Einsparungspotenzial + Verringerung Abgas- und Rußpartikelemissionen + Verbesserungspotenziale bei Verfahrenstechnik 	<ul style="list-style-type: none"> + Zur Speicherung bzw. Verteilung kann das bestehende Erdgas-Tankstellennetz genutzt werden + Nutzung kostengünstiger Neben- und Abfallprodukte + Relativ hoher energetischer Wirkungsgrad 	<ul style="list-style-type: none"> + Zukunftsträchtiger Energieträger + Keine lokalen Emissionen, Gesamtemissionen abhängig von Primärenergieeinsatz + Sauber, ungiftig, sehr gut verfügbar + Ideal für Brennstoffzellen, großes Potenzial für Verbrennungsmotoren + Industrielle Infrastruktur vorhanden (Produktion, Lagerung, Transport)
Schwächen	<ul style="list-style-type: none"> - Verwendung als B100 wenig zukunftsträchtig - Für Beimischungen über B5 hinaus und für B100 Freigaben notwendig. Diese sind rückläufig - Teilweise Imageprobleme aufgrund schwankender Qualität - Begrenzt Rohstoffpotenzial - Fossiles Methanol für die Produktion erforderlich 	<ul style="list-style-type: none"> - In Zukunft keine Verwendung mehr im PKW-Bereich - Problematisch bei Einsatz moderner Abgasnachbehandlung (Partikelfilter) - Bisher keine Herstellerfreigabe - Begrenzt Rohstoffpotenzial, allerdings Importe möglich 	<ul style="list-style-type: none"> - Europäische Ethanolproduktion im Vergleich zu Brasilien nicht wettbewerbsfähig - Technische Anpassungen (Dampfdruck, Wasser) erforderlich - Beimischungskosten der Mineralölindustrie - Bei Beimischungen > 10% eigene Tankstelleninfrastruktur erforderlich - Schrumpfender Ottokraftstoffmarkt 	<ul style="list-style-type: none"> - Noch keine Anwendung - komplexer Konversionsprozess - Herausforderung Rohstoffversorgung - Technische Anpassungen (Dampfdruck, Wasser) erforderlich - Beimischungskosten der Mineralölindustrie - Schrumpfender Ottokraftstoffmarkt 	<ul style="list-style-type: none"> - Bisher noch keine großtechnische Produktion - Hohe Investitionskosten - Rohstoffversorgung noch nicht etabliert, jedoch kann auf Erfahrungswerte aus der Zellstoffindustrie und Biomasseheizkraftwerken zurückgegriffen werden 	<ul style="list-style-type: none"> - Relativ hohe Umrüstungskosten - Nur in Gasfahrzeugen mit bislang nur kleinen, allerdings stark wachsenden Flotten einsetzbar - Gasförmiger Kraftstoff mit reduzierter Reichweite - Einsatz im Transportsektor erfordert aufwändige Gasreinigung zur Einhaltung künftiger Erdgasnorm 	<ul style="list-style-type: none"> - Aufwendige Speicherung (gasförmig; hohe Drücke nötig und dennoch relativ geringe Energiedichte; flüssig: Abdampfverluste) - Notwendigkeit neuer Infrastruktur für Betankungen - Erheblicher F&E-Bedarf - Ausbau Tankstellennetz noch nicht absehbar

2.4. Erläuterungen

2.4.1. Biodiesel

	Biodiesel	Erläuterungen
Bruttokraftstofftrag (GJ/ha bzw. l Kraftstoffäquivalente/ha)	2005: 51 / 1408 2015: 60 / 1656	<ul style="list-style-type: none"> Für 2015 werden Verbesserungen dieser Werte über den Hebel der steigenden Hektarerträge und höherer Ölgehalte der Pflanze erwartet.
Nettoenergieertrag (GJ/ha)	2005: 38 2015: 45	<ul style="list-style-type: none"> Für 2015 werden Verbesserungen dieses Wertes über den Hebel der steigenden Hektarerträge und höherer Ölgehalte der Pflanze erwartet. Eine Verbesserung der Nebenproduktverwertung, die zur weiteren Optimierung des Nettoenergieertrags führen würde, ist kaum zu erwarten. Die Pflanzenstengel werden bislang nicht energetisch verwendet.
Erzeugung bzw. Erzeugungspotenzial (in % des substituierten fossilen Kraftstoffs)	2005: 5,5 2015: 7	<ul style="list-style-type: none"> In 2005 wurden ca. 5,5% des Dieselmärktes ersetzt. Die Rapsanbaufläche in Deutschland ist nur bedingt ausdehnbar. Die Steigerung für 2015 liegt an den steigenden ha-Erträgen die dazu führen, dass bei gegebenen Marktprognosen für den Dieselmärkte, die von einem ähnlich großen Markt ausgehen, das Substitutionspotenzial steigt.
Produktionskosten (Euro/GJ)	2005: 19 2015: 19	<ul style="list-style-type: none"> Angaben zu den Produktionskosten (ab Werk) erfolgten durch Vertreter der deutschen Biodieselindustrie. Ein technologischer Quantensprung wird nicht erwartet, daher nur geringe Kostensenkungen in der Produktion. Die Preise für Ölsaaten steigen tendenziell, während die Nebenprodukterlöse sinken. In der Summe Annahme konstanter Kosten.
Internationale Wettbewerbsfähigkeit	2005: 1,2 bis 1,3 2015: 1,3	<ul style="list-style-type: none"> In Europa ist die deutsche Biodieselindustrie wettbewerbsfähig. Deutschland ist weltweit größter Produzent. Palm- und Sojaöle sind im Vergleich zu Rapsöl billiger (Einkaufspreise 2005 ca.: Palmöl:

	Biodiesel	Erläuterungen
		340 Euro/t; Sojaöl: 450 Euro/t; Rapsöl: 540 Euro/t. Es handelt sich um Preise für nicht raffiniertes Öl). Dies ermöglicht Importe (bereits ca. 20%). Gleiches gilt mittelfristig für Biodiesel selbst. Jedoch sind Palm- und Sojaöle bislang aus technischen Gründen nur begrenzt einsetzbar.
CO₂-Einsparung t/ha	2005: 3,4 t 2015: 4 t	<ul style="list-style-type: none"> Für 2005 und 2015 wird von einer CO₂-Einsparung von 2,2 kg/l Biodiesel ausgegangen. Die Einsparungen/ha für 2015 erhöhen sich durch die steigenden Erträge. Möglichkeiten einer größeren Einsparung bestehen nur noch durch eine bessere energetische Verwertung der Reststoffe. Biodiesel weist leichte Vorteile gegenüber reinem Pflanzenöl auf, da das bei der Umesterung von Pflanzenöl zu Biodiesel entstehende Kuppelprodukt Glycerin technisch produziertes Glycerin ersetzt.
CO₂-Vermeidungskosten (Euro/t CO₂e)	2005: 154 2015: 145	<ul style="list-style-type: none"> Da die Produktionskosten und die vermiedene Menge je l Biodiesel bzw. Dieseläquivalente von der Industrie für 2015 ähnlich wie für 2005 eingeschätzt werden, ändert sich der Wert kaum (bei konstanten Preisen für das fossile Substitut).
Aufwand Markteinführung	2005: in 2005 ca. 1 Mrd. Steuerausfall 2015:Förderung weiter nötig	<ul style="list-style-type: none"> Ohne die Befreiung von der Mineralölsteuer wäre Biodiesel nicht wettbewerbsfähig und nicht im Markt. Der break-even point ist erst bei einem Rohölpreis von 95 bis 105 US\$/barrel erreicht, so dass weiter Fördernotwendigkeit besteht. Abhängig vom Rohölpreis kann diese evtl. reduziert werden. Außerdem fördert die Energiepflanzenprämie von 45Euro/ha den Rohstoffanbau für Biodiesel auf nicht-Stilllegungsflächen.

2.4.2. Reines Pflanzenöl

	Reines Pflanzenöl	Erläuterungen
Bruttokraftstofftrag (GJ/ha bzw. l Kraftstoffäquivalente/ha)	2005: 51 / 1420 2015: 60 / 1670	<ul style="list-style-type: none"> ■ Insgesamt stellen sich die Werte bei Pflanzenöl ähnlich dar wie bei der Produktion von Biodiesel. Jedoch sind bei der Biodieselproduktion Gutschriften für das Kuppelprodukt Glycerin zu berücksichtigen.
Nettoenergieertrag (GJ/ha)	2005: 35 2015: 41	<ul style="list-style-type: none"> ■ Für 2015 werden wie bei Biodiesel Verbesserungen dieses Wertes über den Hebel der steigenden Hektarerträge und höherer Ölgehalte der Pflanze erwartet. Die Nettoenergieerträge sind stark abhängig von der Möglichkeit der Vermarktung des Kuppelprodukts Glycerin.
Erzeugung bzw. Erzeugungspotenzial (in % des substituierten fossilen Kraftstoffs)	2005: ca. 0,7 2015: 7	<ul style="list-style-type: none"> ■ Die bisherige Verwendung von Pflanzenöl ist nur begrenzt mengenrelevant (keine genaue Statistik vorhanden). ■ Das Erzeugungspotenzial stellt sich theoretisch weitestgehend wie beim Biodiesel dar. Jedoch wäre dies aufgrund der Rohstoffkonkurrenz nur erreichbar, wenn auf die Biodieselproduktion verzichtet würde.
Produktionskosten (Euro/GJ)	2005: 14 2015: 14	<ul style="list-style-type: none"> ■ Angaben zu den Produktionskosten (ab Werk) erfolgten durch Vertreter der deutschen Ölmühlenindustrie. ■ Bei Rapsöl wird wie auch bei Biodiesel nicht mit relevanten Senkungen der Produktionskosten gerechnet, da kaum Potenzial beim technischen Fortschritt besteht und Ölsaaten tendenziell teurer werden.
Internationale Wettbewerbsfähigkeit	2005: 1,3 2015: 1,3 bis 1,4	<ul style="list-style-type: none"> ■ Palmöl und Sojaöl sind im Vergleich zu Rapsöl billiger und werden bereits verwendet (Einkaufspreise 2005 ca.: Palmöl: 340 Euro/t; Sojaöl: 450 Euro/t; Rapsöl: 540 Euro/t. Es handelt sich um Preise für nicht raffiniertes Öl).

	Reines Pflanzenöl	Erläuterungen
		Jedoch sind Palm- und Sojaöl aufgrund unterschiedlicher physikalischer Eigenschaften (Gefrierpunkt, Stabilität) nur begrenzt einsetzbar.
CO₂-Einsparung t/ha	2005: 3,3 2015: 3,8	<ul style="list-style-type: none"> ■ Die Treibhausgaseinsparungen/ha können verbessert werden. Dies geschieht über steigende Biomasse- und damit Biokraftstoffträge/ha. Die Einsparungen/l Rapsöl bleiben mit 2,2 kg konstant.
CO₂-Vermeidungskosten (Euro/t CO₂e)	2005: 83 2015: 78	<ul style="list-style-type: none"> ■ Die Vermeidungskosten für Pflanzenöl sind aufgrund der relativ hohen Einsparungen/l Kraftstoffäquivalente und der niedrigen Produktionskostendifferenz zum fossilen Substitut vergleichsweise niedrig. ■ Da die Produktionskosten und die Treibhausgasvermeidung je Dieseläquivalent für 2015 ähnlich wie für 2005 eingeschätzt werden, ändert sich der Wert nur geringfügig (bei konstanten Preisen für das fossile Substitut).
Aufwand Markteinführung	2005: > 50 Mio. Euro 2015: Förderung weiter nötig	<ul style="list-style-type: none"> ■ Eine Förderung ist für Pflanzenöl notwendig. Das derzeitige Fördervolumen ist aufgrund der begrenzten Verwendung klein. Pflanzenöl wird auch zukünftig nicht als Blendkraftstoff eingesetzt. Der Einsatz als Reinkraftstoff in umgerüsteten Flotten und der Landwirtschaft steigt aber und damit auch das Fördervolumen. Der break-even point wird bei einem Rohölpreis von ca. 75 bis 80US\$/barrel erreicht.

2.4.3. Bioethanol aus Zucker bzw. Stärke

	Bioethanol aus Zucker bzw. Stärke	Erläuterungen
Bruttokraftstofftrag (GJ/ha bzw. l Kraftstoffäquivalente/ha)	2005: 132 / 4054 bzw. 54 / 1660 2015: 156 / 4776 bzw. 68 / 2089	<ul style="list-style-type: none"> Die Produktion aus Zuckerrüben schneidet aufgrund der hohen Hektarerträge besser ab als die aus Stärke. Für 2015 werden Verbesserungen beim Bruttoenergieertrag lediglich über den Hebel der steigenden Hektarerträge erwartet.
Nettoenergieertrag (GJ/ha)	2005: 88 bzw. 30 2015: 104 bzw. 38	<ul style="list-style-type: none"> Bei der Konversion sind noch Energieeinsparungen durch eine Optimierung der Nebenproduktverwertung möglich, die den Nettoenergieertrag weiter verbessern könnten.
Erzeugung bzw. Erzeugungspotenzial (in % des substituierten fossilen Kraftstoffs)	2005: 0 bzw. 1,0 2015: 8,3 / 1,6 bzw. 53,2 / 10,6	<ul style="list-style-type: none"> In 2005 wurden laut Mineralölsteuerstatistik ca. 260.000 t Bioethanol im deutschen Markt abgesetzt. Dies entspricht energetisch ca. 1% des Ottokraftstoffmarkts. Die deutsche Erzeugung war niedriger, Importe spielen eine wichtige Rolle. Bei Verwendung der gesamten heutigen deutschen Anbauflächen für Zuckerrüben bzw. Getreide für die Biokraftstoffproduktion können 8 bzw. 53% des heutigen Ottokraftstoffmarktes substituiert werden. Die Werte für Zucker bzw. Stärke sind addierbar und zusätzlich zu den Werten für Biodiesel oder Pflanzenöl erreichbar.
Produktionskosten (Euro/GJ)	2005: 24 bzw. 22 2015: 22 bzw. 20	<ul style="list-style-type: none"> Die Zahlen für Bioethanol aus Stärke (Weizen) beruhen auf Industrieangaben. Die Produktion aus Zuckerrüben ist teurer, was v.a. an den höheren Rohstoffkosten liegt. Für 2015 ist bei der Produktion aus Weizen mit Kostensenkungen aufgrund eines geringeren Rohstoffbedarfs und aufgrund von Verfahrensoptimierungen zu rechnen. Für die Produktion aus Zuckerrüben liegen keine Angaben vor.
Internationale Wettbewerbsfähigkeit	2005: Vgl. zu BRA: Faktor 2,5	<ul style="list-style-type: none"> Die Herstellungskosten brasilianischen Bioethanols sind nur etwa halb so hoch wie die deutschen. Kostensenkungen sind aufgrund der Erfahrungs-

	Bioethanol aus Zucker bzw. Stärke	Erläuterungen
	2015: Vgl. zu BRA: Faktor 2	<ul style="list-style-type: none"> kurve in Deutschland zu erwarten. Derzeit besteht ein Einfuhrzoll für Bioethanol in Europa. Jedoch begrenzen auch der hohe Inlandsverbrauch, attraktivere Exportdestinationen und Entwicklungen auf dem Zuckermarkt mögliche Exporte Brasiliens. Verschärfte Umweltschutzaufgaben und Logistikprobleme bei steigender Produktion können zudem Kostensteigerungen auslösen.
CO₂-Einsparung t/ha	2005: 7,2 bzw. 2,9 2015: 8,5 bzw. 3,7	<ul style="list-style-type: none"> Die Treibhausgaseinsparungen hängen ganz erheblich von dem Energiekonzept der Produktionsanlagen und der Energiebereitstellung in diesen Anlagen ab, d.h. bspw. ob Biomasse oder fossile Energieträger zur Energieerzeugung verwendet werden und ob KWK- Anlagen zum Einsatz kommen.
CO₂-Vermeidungskosten (Euro/t CO₂e)	2005: 290 bzw. 252 2015: 276 bzw. 220	<ul style="list-style-type: none"> Die Vermeidungskosten ergeben sich aus der Produktionskostendifferenz zwischen Benzin und Bioethanol sowie der vermiedenen Menge CO₂ je l Biokraftstoff. Beimischungskosten sind aufgrund fehlender Daten nicht berücksichtigt. Die Vermeidungskosten für Bioethanol aus Zuckerrüben sind wesentlich höher, da die Einsparung je Liter Bioethanol geringer und die Kostendifferenz zum Benzin höher ist als bei der Produktion aus Getreide. Die Vermeidungskosten beim Einsatz von Ethanol aus Weizen zur Herstellung von ETBE betragen ca. 385 Euro.
Aufwand Markteinführung	2005: 214 Mio. Euro 2015: weitere Förderung nötig	<ul style="list-style-type: none"> Die Förderung hat in 2005 bei Berücksichtigung auch der Importe zu ca. 214 Mio. Euro Steuerausfall geführt. Der break-even point wird ab ca. 90 US\$/barrel Rohöl erreicht. Es besteht jedoch weiter eine Fördernotwendigkeit. Abhängig vom Rohölpreis kann diese evtl. reduziert werden. Außerdem fördert die Energiepflanzenprämie von 45Euro/ha den Rohstoffanbau.

2.4.4. Bioethanol Lignozellulose

	Bioethanol aus Lignozellulose	Erläuterungen
Bruttokraftstofftrag (GJ/ha bzw. Kraftstoffäquivalente/ha)	2005: 21 / 640 2015: 25 / 756	<ul style="list-style-type: none"> Die relativ geringen Energieerträge hängen mit den geringen Biomasseerträgen je ha zusammen. Bei einem Strohertrag von 8 t/ha inkl. 20% Wasser sind nur 6,4 t/ha trocken verwertbar, wovon wiederum in der Praxis nur 45% gewinnbar sind (d.h. nur 2,8 t). Der Ethanolertrag je ha ist für die Produktion aus Lignozellulose nicht die entscheidende Größe, da die Produktion auf landwirtschaftlichen Reststoffen beruht und keine zusätzliche Fläche beansprucht. Vielmehr kann eine Nutzung zusätzlich zur Ethanolproduktion aus Stärke erfolgen.
Nettoenergieertrag (GJ/ha)	2005: 18 2015: 21	<ul style="list-style-type: none"> Besondere Relevanz für den Nettoenergieertrag hat die Frage, inwieweit der Energieaufwand bei der Konversion durch die energetische Nutzung des Lignins gedeckt werden kann.
Erzeugung bzw. Erzeugungspotenzial (in % des substituierten fossilen Kraftstoffs)	2005: 0 2015: 20,5 / 4,1	<ul style="list-style-type: none"> In 2005 besteht keine Erzeugung. Die Substitutionspotenziale in 2015 resultieren aus der Verwendung von Stroh, das beim derzeitigen Getreideanbau anfällt. Dabei ist für 2005 ein Strohertrag von 2,8 t/ha angenommen, der bis 2015 v.a. aufgrund verbesserter Gewinnungsmöglichkeiten bis auf 3,4 t steigt. Andere Rohstoffmöglichkeiten (Gras, Rest- und Abfallstoffe) wurden nicht berücksichtigt. Die Potenziale sind zusätzlich zu den Potenzialen von Bioethanol aus Stärke erreichbar.
Produktionskosten (Euro/GJ)	2005: 30 2015: 24	<ul style="list-style-type: none"> Die Angaben zu den Produktionskosten basieren auf Zahlen aus der Literatur und auf Angaben der Industrie. Die Industrie geht in bestcase Szenarien, basierend auf der Produktion aus Stroh, von geringeren Kosten für 2005

	Bioethanol aus Lignozellulose	Erläuterungen
		aus. Die Rohstoffkosten sind v.a. abhängig davon, ob Anbaubiomasse oder Reststoffe verwendet werden.
Internationale Wettbewerbsfähigkeit	2005: k.A. 2015: im Vgl. zu BRA bis Faktor 2	<ul style="list-style-type: none"> Die Produktion von Bioethanol aus Lignozellulose spielt noch keine Rolle. IOGEN betreibt in Kanada eine Demonstrationsanlage. In Brasilien wird eine Versuchsanlage auf Basis von Zuckerrohrstroh/Bagasse von DEDINI betrieben. Neben den technischen Anlagekonzepten werden die meist regional unterschiedlichen Preise für Stroh oder andere Rohstoffe entscheidend sein.
CO₂-Einsparung t/ha	2005: 1,6 2015: 2,1	<ul style="list-style-type: none"> Die Treibhausgaseinsparungen hängen ganz erheblich von dem Energiekonzept der Produktionsanlagen und der Energiebereitstellung in diesen Anlagen ab, d.h. bspw. ob Biomasse oder fossile Energieträger zur Energieerzeugung verwendet werden und ob Kogenerationsanlagen zum Einsatz kommen.
CO₂-Vermeidungskosten (Euro/t CO₂)	2005: 295 2015: 179	<ul style="list-style-type: none"> Die Reduktion der Vermeidungskosten bis 2015 liegt an der erwarteten Senkung der Produktionskosten und an der erwarteten Erhöhung der Treibhausgasvermeidung je verwendeter Einheit Bioethanol durch verbesserte Anlagenkonzepte.
Aufwand Markteinführung	2005: Förderung nötig (F&E) 2015: Förderung Markteinführung	<ul style="list-style-type: none"> Bioethanol aus Lignozellulose befindet sich noch im F&E-Stadium. Bei den Produktionskosten zeichnet sich ab, dass ohne eine Förderung auch Bioethanol aus Lignozellulose nicht wettbewerbsfähig sein wird. Bei derzeitigen Kostenschätzungen ergibt sich ein break-even point von 120 bis 180 US\$/barrel Rohöl.

2.4.5. BtL-Kraftstoffe*

	BtL	Erläuterungen
Bruttokraftstofftertrag (GJ/ha bzw. l Kraftstoffäquivalente/ha)	2005: 135 / 3907 2015: 158 / 4558	<ul style="list-style-type: none"> Die Erhöhung des Bruttoertrages ist auf die angenommene Entwicklung der Biomasserträge/ha, die von 15 auf 17,5 t steigen, und den hohen kraftstoffäquivalenten Ertrag/ha zurückzuführen.
Nettoenergieertrag (GJ/ha)	2005: 118 2015: 138	<ul style="list-style-type: none"> Die geplanten Anlagen können energieautark (keine externe Energiezufuhr notwendig) betrieben werden, was den Nettoenergieertrag und auch die Treibhausgasbilanz verbessert.
Erzeugung bzw. Erzeugungspotenzial (in % des substituierten fossilen Kraftstoffs)	2005: 0 2015: 15,5	<ul style="list-style-type: none"> Für 2015 wurde ein ha-Ertrag von 17,5 t und eine Anbaufläche von 1,2 Mio. ha, d.h. von ca. 10% der heute genutzten Ackerfläche, zugrunde gelegt. Die Ackerfläche steht allerdings in Konkurrenz zu den Flächen für andere Biokraftstoffe, so dass das Potenzial von BtL nicht addierbar ist. Die mögliche Nutzung von Biomasse aus der Forstwirtschaft sowie von Reststoffen (bspw. Stroh) ist nicht berücksichtigt.
Produktionskosten (Euro/GJ)	2005: 30 2015: 18	<ul style="list-style-type: none"> BtL-Kraftstoffe werden in Deutschland noch nicht kommerziell produziert. Für 2015 und bei einer großtechnischen Produktion wird mit deutlich geringeren Kosten gerechnet.
Internationale Wettbewerbsfähigkeit	2005: k.A. 2015: k.A.	<ul style="list-style-type: none"> Die Produktion von BtL-Kraftstoffen findet bisher weltweit nur in Versuchs- und Pilotanlagen statt. Neben technischen Anlagekonzepten werden Rohstoffpreise und -verfügbarkeit entscheidend sein. Diesbezüglich wird es darauf ankommen, welche Rohstoffe langfristig als Biomasse klassifiziert werden und zu welchen Konditionen diese durch

* auf Basis von Angaben der Choren Industries GmbH

	BtL	Erläuterungen
		Land- und Forstwirtschaft sowie die Entsorgungsbranche bereitgestellt werden können.
CO₂-Einsparung t/ha	2005: 10 2015: 12	<ul style="list-style-type: none"> Die Treibhausgaseinsparungen sind extrem hoch. Dies liegt an den hohen Einsparungen je Liter verwendeten Biokraftstoffs (2,5 kg/1 BtL) und an den hohen erwarteten Hektarerträgen von BtL (ca. 4000 l/ha). Die weitere Erhöhung für 2015 ergibt sich aus steigenden Biomasse-Hektarerträgen.
CO₂-Vermeidungskosten (Euro/t CO₂e)	2005: 272 2015: 115	<ul style="list-style-type: none"> Die im Vergleich zu anderen Biokraftstoffen relativ geringen Vermeidungskosten kommen durch die hohe Vermeidung je eingesetzten Liter BtL-Kraftstoff zustande. Aufgrund sinkender Produktionskosten für BtL werden für 2015 niedrigere Vermeidungskosten erwartet.
Aufwand Markteinführung	2005: Förderung F&E 2015: Förderung Markteinführung	<ul style="list-style-type: none"> Auch bei BtL-Kraftstoffen ist die Wettbewerbsfähigkeit noch nicht absehbar und eine Markteinführung bedarf der Unterstützung, jedoch ist von sinkenden Produktionskosten auszugehen. Der break-even point wird bei Produktionskosten von 1,00 Euro/l BtL bei einem Rohölpreis von ca. 155 bis 160 US\$/barrel erreicht. Die im Vergleich zu anderen Kraftstoffkomponenten besseren Produkteigenschaften sind hier nicht berücksichtigt.

2.4.6. Biogas

	Biogas (Angaben für Biomethan)	Erläuterungen
Bruttokraftstofftrag (GJ/ha bzw. Kraftstoffäquivalente/ha)	2005: 178 / 4977 2015: k.A.	■ Hoher Bruttokraftstofftrag pro Hektar im Vergleich zu den anderen Biokraftstoffen. Hier wurde lediglich die Produktion aus Anbaubiomasse (Silomais) betrachtet.
Nettoenergieertrag (GJ/ha)	2005: 113 2015: k.A.	■ Die Energieerträge hängen bedeutend von Art und Anbau der verwendeten Rohstoffe und von der Strom- und Wärmebereitstellung für die Biogasanlagen ab.
Erzeugung bzw. Erzeugungspotenzial (in % des substituierten fossilen Kraftstoffs)	2005: 0 2015: hoch	■ Heute findet keine Nutzung von Biogas als Kraftstoff statt, da eine Verstromung aufgrund EEG-Förderung sinnvoller ist. Von der Rohstoffseite her besteht jedoch großes Potenzial, da aus nachwachsenden Rohstoffen, Reststoffen und Abfällen produziert werden kann. Diese Rohstoffnutzung steht allerdings in Konkurrenz zur Nutzung für andere Biokraftstoffe.
Produktionskosten (Euro/GJ)	2005: 21 2015: 20	■ Biogaserzeugung ist eine etablierte Technologie, wesentliche Kostensenkungspotenziale werden nicht erwartet.
Internationale Wettbewerbsfähigkeit	2005: z.Z kein Wettbewerb 2015: k.A.	■ Die Produktion von Biogas zur Verwendung als Kraftstoff würde in Deutschland aus deutschen Rohstoffen erfolgen, da zumindest der Import der Rohstoffe aufgrund der hohen Transportkosten nicht sinnvoll ist.
CO₂-Einsparung t/ha	2005: 8 2015: k.A.	■ Dieser Wert bezieht sich ausschließlich auf die Produktion von Biogas aus Anbaubiomasse bei einer Treibhausgaseinsparung von ca. 70% gegenüber fossilem Kraftstoff (ca. 5 kg Biogasverbrauch je 100 km). Jedoch erfolgt heute

	Biogas (Angaben für Biomethan)	Erläuterungen
		meist eine Produktion aus organischen Abfallprodukten und tierischer Gülle.
CO₂-Vermeidungskosten (Euro/t CO₂e)	2005: 273 2015: k.A.	■ Dieser Wert gilt ausschließlich für die Produktion von Biogas aus Anbaubiomasse. Für die Zukunft wird ein leichter Rückgang der Vermeidungskosten erwartet.
Aufwand Markteinführung	2005: noch nicht relevant 2015: Ausgleich Kostennachteil	■ Für die Markteinführung müsste Biogas als Kraftstoff im Vergleich zur Verstromung von Biogas besser gestellt werden. Voraussetzung für die Umsetzung ist einerseits außerdem eine verstärkte Markteinführung von Erdgas als Kraftstoff. Die langfristige Steuerbegünstigung von Erdgas behindert andererseits die ökonomische Attraktivität von Biogas. ■ Der break-even point wird bei einem Rohölpreis von ca. 120 US\$/barrel erreicht.

2.4.7. Bio-Wasserstoff

	Bio-Wasserstoff	Erläuterungen
Bruttokraftstofftrag (GJ/ha bzw. Kraftstoffäquivalente/ha)	2005: 160 / 4742 2015: k.A.	■ Stark abhängig von Art und Optimierung des Biowasserstoff-Produktionsverfahrens sowie von Art und Erträgen der Biomasse, aus der Biowasserstoff erzeugt wird. Hier wurde ein Biowasserstofftrag von 90 kg Biowasserstoff je Tonne Biomasse und ein Ertrag von 15 Tonnen Biomasse je Hektar angenommen.
Nettoenergieertrag (GJ/ha)	2005: 120 2015: k.A.	■ Zur Vergärung organischer Reststoffe zur Bio-Wasserstoffherzeugung liegen bisher kaum Angaben vor und eine Einschätzung für das Jahr 2015 ist nicht möglich.
Erzeugung bzw. Erzeugungspotenzial (in % des substituierten fossilen Kraftstoffs)	2005: 0 2015: hoch, da jede Biomasse möglich	■ Theoretisch unbegrenztes Erzeugungspotenzial. Jedoch muss langfristig Wasserstoff aus fossilen durch Bio-Wasserstoff, d.h. durch die Gewinnung von Wasserstoff aus nichtfossilen Ressourcen unter Einsatz regenerativer Energien, ersetzt werden. Dies erfolgt aus Kostengründen bisher nur in Pilotprojekten. Die Rohstoffbasis für die Erzeugung aus Biomasse ist breit, konkurriert aber z.T. mit der Verwendung für andere Biokraftstoffe und spielt in Deutschland bisher keine Rolle.
Produktionskosten (Euro/GJ)	2005: 26 - 37 2015: k.A.	■ Angabe gilt für Wasserstoff aus Biomasse. Kosten für Produktion, Transport zur Tankstelle und die anteiligen Kosten für die Tankstelle sind enthalten.
Internationale Wettbewerbsfähigkeit	2005: k.A. 2015: k.A.	■ Die USA verfügen über die größten konventionellen Wasserstoff-Produktionskapazitäten. Die USA, Japan und Europa sind sowohl in der Produktions- als auch in der Anwendungstechnologie führend. Insbesondere in den USA

	Bio-Wasserstoff	Erläuterungen
		wird die Produktion von Wasserstoff aus Biomasse stark gefördert.
CO₂-Einsparung t/ha	2005: k.A. 2015: k.A.	■ Belastbare Daten sind nicht verfügbar.
CO₂-Vermeidungskosten (Euro/t CO₂)	2005: k.A. 2015: k.A.	■ Belastbare Daten sind nicht verfügbar.
Aufwand Markteinführung	2005: erheblicher F&E-Bedarf 2015: F&E und Modellprojekte	■ Für das Ziel der Erzeugung von Bio-Wasserstoff ist noch Grundlagenforschung nötig. Derzeit erfolgt vielmehr die Erprobung von herkömmlichem Wasserstoff in geförderten Modell- und Demonstrationsprojekten auf Landes-, Bundes- und EU-Ebene.

3. Profile der Biokraftstoffe

3.1. Biodiesel (Rapsölmethylester, RME)

Merkmale Biodiesel

- RME wird durch die Umesterung von Pflanzenöl mit Methanol hergestellt. Dabei werden ca. 10% des Raps-Rohöls als Glycerin abgetrennt und durch fossiles Methanol ersetzt. In Deutschland ist Rapsöl der entscheidende Rohstoff. Eine Produktion ist aber auch aus anderen Pflanzenölen, Altspeise- und Tierfetten möglich.

Spezifisches Gewicht	0,88 kg/l Biodiesel
Heizwert	32,65 MJ/l (37,1 MJ/kg)
Kraftstoffäquivalent	1 l Biodiesel ersetzt wegen des geringeren Heizwertes nur 0,91 l Diesel

Einsatzmöglichkeiten

- Biodiesel wird heute normgerecht (EN590) fossilem Diesel mit bis zu 5% beigemischt (B5). Dieses Marktsegment gewinnt stark an Bedeutung.
- Biodiesel wird auch als Reinkraftstoff abgesetzt. Herkömmliche Dieselmotoren können mit reinem Biodiesel (B100) (DIN EN 14214) betrieben werden, sofern eine Freigabe seitens des Fahrzeugherstellers vorliegt. Daraus ergibt sich in Deutschland ein Potenzial von derzeit 3 Mio. Fahrzeugen. Die Freigabeerteilungen sind allerdings rückläufig und aufgrund der Euro IV und V-Normen, die mit Biodiesel nicht erfüllt werden können, schrumpft dieses Marktsegment.
- Darüber hinaus wird Biodiesel (B100) an Flotten (LKW und Busse) abgesetzt. Auch dieses Marktsegment wächst.

Potenzial

- **Technisch:**
Das Produktionsverfahren auf Basis Raps ist in Deutschland ausgereift und etabliert. Der Biodieselanteil am Dieselmotorenmarkt beträgt ca. 5,5%. Optimierungspotenzial besteht bei der Verwendung der bei der Produktion anfallenden Nebenprodukte. Derzeit wird erwogen, fossiles Methanol bei der Produktion durch Ethanol zu ersetzen (Ersatz von FAME durch FAEE). Dadurch würde Biodiesel zu einem reinen Biokraftstoff werden.
- **Wirtschaftlich:**
Produktionskosten liegen über dem Dieseläquivalent. Steigende Dieselpreise verbessern die Wettbewerbsfähigkeit. Jedoch ist von einer gewissen Kopplung des Biodiesel- an den

Dieselpreis auszugehen. Auf die stark steigende Biodieselnachfrage wurde bisher mit einem deutlichen Angebotsausbau reagiert. Probleme bei steigender Produktion aufgrund begrenzter Märkte für Kuppelprodukte. Rohstoffe sind der entscheidende Kostenfaktor. Die Industrie rechnet nicht mehr mit entscheidenden Prozessinnovationen. Andere Länder produzieren den Rohstoff teilweise kostengünstiger. Dies gilt v.a. für Palm- und Sojaöl, deren Einsetzbarkeit jedoch eingeschränkt ist. Auch sind die ökologischen und sozialen Auswirkungen eines vermehrten Anbaus v.a. in asiatischen Ländern bisher nicht untersucht.

- **Ökologisch:**

Die Biodieselverwendung führt zu Treibhausgasersparungen.

- **Energiapolitisch:**

Die Verwendung von Biodiesel schont fossile Ressourcen und reduziert die Abhängigkeit von Erdöl.

- **Agrarpolitisch:**

In Deutschland erfolgt die Biodieselproduktion überwiegend aus Rapsöl. Es sind aber auch andere Pflanzenöle sowie Altspeise- und Tierfette geeignet. Weltweit sind besonders Palm- und Sojaöl bedeutsam. Die derzeitige Biodieselproduktion in Deutschland bindet ca. 700.000 bis 900.000 ha. Unter Berücksichtigung der Produktion für andere Verbrauchsformen ist das Potenzial aufgrund von Fruchtfolgegrenzen weitgehend ausgeschöpft. Importe von Pflanzenöl sind kostengünstiger.

3.1.1. Verwendungsformen von Biodiesel

	B5	B10	B20	B100
Beschreibung	<ul style="list-style-type: none"> Beimischung von 5% Biodiesel zu fossilem Dieseldieselkraftstoff 	<ul style="list-style-type: none"> Beimischung von 10% Biodiesel zu fossilem Dieseldieselkraftstoff 	<ul style="list-style-type: none"> Beimischung von 20% Biodiesel zu fossilem Dieseldieselkraftstoff 	<ul style="list-style-type: none"> Reiner Biodiesel (100%)
Anwendungsstand	<ul style="list-style-type: none"> B5 wird bereits verwendet 	<ul style="list-style-type: none"> B10 derzeit in der EU nicht auf dem Markt 	<ul style="list-style-type: none"> Bisher nur in den USA in öffentlichen Flotten angewandt 	<ul style="list-style-type: none"> Bei PKW und Nutzfahrzeugen mit Abgasnormen Euro IV und V rückläufig
+ / -	<ul style="list-style-type: none"> + CO₂-Einsparungen in der gesamten Fahrzeugflotte + keine Fahrzeuganpassung nötig + Technologisch unproblematische Beimischung + Öffnet den Markt für Beimischung biogener Kraftstoffkomponenten + wachsender Dieselmotorenmarkt, herkömmliche Dieseldieselproduktion kann nicht ohne weiteres ausgedehnt werden + Qualität unterliegt der Kontrolle der Mineralölindustrie - Kunde profitiert nicht von Steuerersparnis 	<ul style="list-style-type: none"> + CO₂-Einsparungen in der gesamten Fahrzeugflotte + Höherer Anteil von Biodiesel für nicht umgerüstete Fahrzeuge verfügbar - Noch keine ausreichende Datenbasis für die Verträglichkeit von B10 in modernen Dieselmotoren verfügbar - Einheitlicher Standard erforderlich - Einhaltung der Abgasnormen muss verifiziert werden - Kunde profitiert nicht von Steuerersparnis 	<ul style="list-style-type: none"> + Hoher Anteil der biogenen Komponente + Dies steigert die CO₂-Einsparungen + Einsatz bisher in Nutzfahrzeugen und Busflotten - Freigabe notwendig - Keine Freigabe für PKW mit Partikelfilter (Probleme mit der Regeneration) - Einheitlicher Standard erforderlich - Einhaltung Abgasnormen problematisch - Materialverträglichkeit (Gummi, Plastik) erfordert ggfs. Fahrzeuganpassungen 	<ul style="list-style-type: none"> + Verbesserung der Energie- und THG-Bilanzen + Preisvorteil für Verbraucher zu herkömmlichen Diesel + Einsatz in Nutzfahrzeugen und Flotten beliebt + Nutzung im großen Markt für gewerbliches Transportwesen + Wachsender Dieselmotorenmarkt + Biologisch abbaubar + Reduktion von Partikelemissionen auch ohne -filter - Freigaben und Fahrzeugumrüstung notwendig - Rückgang der Freigaben - Bisher keine Freigabe für PKW mit Partikelfilter - Einhaltung Abgasnormen problematisch

3.2. Pflanzenöl (Rapsöl)

Merkmale Pflanzenöl

- Pflanzenöl ist nicht nur Ausgangsstoff für Biodiesel sondern kann auch in unveränderter Form in umgerüsteten Dieselmotoren verwendet werden.

Spezifisches Gewicht	0,92 kg/l Pflanzenöl
Heizwert	34,59 MJ/l (37,6 MJ/kg)
Kraftstoffäquivalent	1 l Rapsöl ersetzt wegen des geringeren Heizwertes nur 0,96 l Diesel

Einsatzmöglichkeiten

- Fahrzeuge können so umgerüstet werden, dass wahlweise Pflanzenöl oder normaler Diesel verwendet werden kann.
- In der Anwendung kommt es teilweise noch zu technischen Problemen und es fallen Umrüstkosten an. Derzeit stellt die Verwendung von Pflanzenöl als Kraftstoff einen Nischenmarkt dar. Die Anforderungen für Rapsöl als Kraftstoff sind in der Vornorm DIN V 51605 definiert.
- Emissionsanforderungen im PKW-Bereich sind mit Pflanzenöl nicht einhaltbar (EURO IV und V). Gleiches gilt für die zukünftigen Anforderungen im Bereich Landwirtschaft und Baumaschinengeräte.
- Mittelfristig ist der Einsatz in Landwirtschaft und Transportgewerbe von Bedeutung. Aufgrund der hohen Dieselpreise in 2005 hat der Absatz von Pflanzenöl im gewerblichen Transportgewerbe erheblich zugenommen.

Potenzial

- **Technisch:**
Die Verwendung reinen Pflanzenöls ist z.Z. eine Nischenanwendung. Bei der Anwendung bestehen noch technische Probleme und es fallen Umrüstkosten an. Eine Verwendung ohne vorherige Umrüstung findet zwar teilweise statt, kann aber zu Motorschäden führen. Eine Serienfertigung pflanzenöлтаuglicher Motoren wird nur für den Agarbereich diskutiert. Zukünftige Emissionsanforderungen können von Pflanzenöl nicht erfüllt werden.
- **Wirtschaftlich:**
Aufgrund der besonders hohen Preisdifferenz zu fossilem Diesel ist Pflanzenöl z.Z. trotz der anfallenden Umrüstkosten attraktiv.

- **Ökologisch:**

Die Energie- und Treibhausgasbilanzen sind bei Pflanzenöl aufgrund der nicht notwendigen weiteren Konversion zunächst positiver als bei Biodiesel. Die Gutschrift von Kuppelprodukten der Biodieselproduktion relativiert dies aber wieder. Probleme treten bei der Einhaltung von Emissionsrichtlinien auf.

- **Energiepolitisch:**

Pflanzenöl kann ähnlich wie Biodiesel einen Beitrag zur Energieversorgungssicherheit leisten. Mit einer bedeutsamen Verwendung von Pflanzenöl ist aber nicht zu rechnen.

- **Agrarpolitisch:**

Aus klimatischen Gründen ist in Deutschland Raps für die Produktion von Pflanzenöl am geeignetsten. Bedingt in Frage kommen Sonnenblumen, Altfette und tierische Fette. Weltweit sind vor allem Soja- und Palmöl relevant. Diese können auch importiert werden. Physikalische Eigenschaften schränken jedoch die Verwendung vor allem von Palmöl ein.

3.3. Bioethanol

Merkmale Bioethanol

■ Chemische Strukturformel: C₂H₅OH

Bioethanol ist ein Alkohol, der aus nachwachsenden Rohstoffen (zucker-, stärke- und cellulosehaltige Pflanzen), aber auch aus Abfällen und Reststoffen hergestellt werden kann und im Kraftstoffsektor eingesetzt wird.

Spezifisches Gewicht	0,79 kg/l Bioethanol
Heizwert	21,17 MJ/l (26,8 MJ/kg)
Kraftstoffäquivalent	1 l Bioethanol ersetzt wegen des geringeren Heizwertes nur 0,65 l Benzin

Einsatzmöglichkeiten

- Nach DIN EN 228 ist in Deutschland eine Beimischung von max. 5% Ethanol zu Benzin zulässig (E5). Herkömmliche Ottomotoren vertragen bis zu 10% Beimischung. Höhere Anteile erfordern Motorenanpassung. Bioethanol kann auch für die ETBE-Produktion verwendet werden. ETBE ist eine Benzinmischkomponente und kann bei geltenden Normen bis zu 15% beigemischt werden. ETBE hat fossiles MTBE weitgehend ersetzt. Auch der Einsatz von Ethanol in TAAE u.a. Ethern ist möglich.
- Darüber hinaus kann E85 (85% Ethanol, 15% Benzin) als Treibstoff verwendet werden. Dafür sind Ethanolmotoren bzw. sogenannte „Flexible Fuel Vehicles“ (FFVs), die beliebige Benzin-Ethanol Mischungen verwenden können, nötig. Diese sind in Brasilien sowie USA stark verbreitet und in Schweden im Markt. Seit 2005 bieten einige Hersteller diese Fahrzeuge für E85-Kraftstoff auch in Deutschland an.
- Auch Ethanol-Diesel Mischungen sind möglich und werden in einzelnen Ländern in Flotten eingesetzt (USA, Brasilien).

Potenzial

- Technisch:
Verfahren aus zucker- und stärkehaltigen Pflanzen sind marktreif. Potenzial besteht bei Produktionsinnovationen. Insbesondere die Produktion aus lignozellulosehaltigen Pflanzen und Reststoffen ist vielversprechend. Nutzungskonkurrenz besteht bzgl. des Einsatzes der Biomasse in den Bereichen Strom, Wärme, Biokraftstoffe und stoffliche Nutzung.
- Wirtschaftlich:
Produktionskosten liegen bei derzeitigen Ölpreisen über denen des Benzinäquivalents.

Durch sinkende Produktionskosten und steigende Benzinpreise erhöht sich die Wettbewerbsfähigkeit. Andere Länder (Brasilien, USA) produzieren z.T. deutlich kostengünstiger. Im Gegensatz zur Beimischung von ETBE fallen bei Ethanolbeimischung aufgrund der Dampfdruck- und Wasserproblematik in der Mineralölindustrie insbesondere während der Einführungsphase zusätzliche Kosten an, die aber noch nicht offiziell beziffert wurden.

■ Ökologisch:

Die Verwendung von Bioethanol als Substitut für Benzin führt zu Treibhausgaseinsparungen. Optimierungen und Innovationen können diesen Effekt steigern. Anfallende Beimischungskosten erhöhen die Treibhausgasvermeidungskosten beim Einsatz als E5.

■ Energiepolitisch:

Die Verwendung von Bioethanol schont fossile Ressourcen und reduziert die Erdölabhängigkeit.

■ Agrarpolitisch:

In Deutschland sind v.a. Getreide und Zuckerrüben für die Bioethanolproduktion geeignet. Mittelfristig ist mit einer Ausdehnung der Rohstoffbasis auf lignozellulosehaltige Pflanzen und Reststoffe zu rechnen. Findet die Bioethanolproduktion in Deutschland und aus heimischen Rohstoffen statt, können alternative Absatzkanäle für die Landwirtschaft geschaffen werden. Bei Erreichung des 5,75%-Anteils von Bioethanol am Benzinabsatz in 2015 ergibt sich ein Absatz von 1,8 Mio. t Bio-ethanol, d.h. ca. 7 Mio. t Getreide. Dies würde zu einer Flächenbindung von ca. 1 Mio. ha führen (6% der landwirtschaftlich genutzten Fläche).

3.3.1. Verwendungsformen von Bioethanol

	E5/E10	ETBE, TAAE und andere Ether	E85 / E100	Ethanol in Diesel	Ethanol in Biodiesel (FAEE)
Beschreibung	<ul style="list-style-type: none"> ■ 5% Beimischung zu Ottokraftstoff laut DIN möglich ■ 10% Beimischung motorverträglich 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Bis 15% ETBE Beimischung möglich ■ TAAE noch in der Prüfung 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Mischung von 85 % Ethanol und 15 % Ottokraftstoff (E100 = reiner Ethanolbetrieb) 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Beimischung von ca. 7,5% Ethanol zu Diesel unter Verwendung eines Additivs 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Möglichkeit des Ersatzes fossilen Methanols durch Bioethanol
Anwendungsstand	<ul style="list-style-type: none"> ■ E5 wird nur lokal verwendet, kein E10 in Deutschland 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Alle MTBE-Anlagen auf ETBE umgestellt 	<ul style="list-style-type: none"> ■ E85-Fahrzeuge (FFVs) in USA, Brasilien, Schweden und Deutschland im Markt 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Wird derzeit bspw. in USA und Brasilien eingesetzt 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Projekte in Vorbereitung (Frankreich)
+ / -	<ul style="list-style-type: none"> + Keine Motorenumrüstung nötig + Verbesserung der Energie- und THG-Bilanz - Noch keine E10-DIN - Aufgrund der Tauschgeschäfte europäisch einheitliche Regelung notwendig - Ablehnende Haltung der Mineralölindustrie - Problem Dampfdruck und Wasseraffinität - Kosten durch Beimischung, insbesondere in Einführungsphase - Schrumpfender Ottokraftstoffmarkt 	<ul style="list-style-type: none"> + Ersatz fossiler Benzinmischkomponenten + Verbesserung der Energie- und THG-Bilanzen + Keine Dampfdruckprobleme bei Zumischung zu Ottokraftstoff + Andere Ether als ETBE verfügen teilweise über höhere Ethanolgehalte - Toxisch - Energie- und Treibhausgasbilanz verschlechtern sich durch zusätzlichen Konversionsschritt - Raffineriekapazität erforderlich 	<ul style="list-style-type: none"> + Hoher Anteil biogenen Kraftstoffs + Anwendbarkeit in verschiedenen Ländern bewiesen - Motorenumrüstung nötig - Einhaltung Euro IV und V muss überprüft werden - Evtl. Kaltstartprobleme - Einsatz von Ethanol in zukünftiger Motortechnologie muss überprüft werden - Aufbau getrennter Infrastruktur nötig - Ablehnende Haltung der Mineralölindustrie 	<ul style="list-style-type: none"> + Zusätzlicher Markt für Bioethanol + Einsatz in herkömmlichen Dieselmotoren möglich + Sofortige Umstellung möglich, geringes Investment + Dieselmotoren sind „short“ - Absenkung des Flammpunkts führt zur Einstufung in höhere Gefahrenklasse - Nicht konform mit Dieselnorm - Vorbehalte in der Automobil- und Mineralölindustrie - Kein Preisvorteil im Vergleich zu Diesel bzw. teurer als Biodiesel 	<ul style="list-style-type: none"> + Sinnvoller Einsatz von Bioethanol, Biodiesel wird 100% biogen + Option wird von der Mineralölindustrie unterstützt + FAA sollte gleiche Produktmerkmale aufweisen wie FAME - Großtechnisch noch nicht realisiert, noch keine Marktrelevanz - Ethanol-Absatzpotenzial ist sehr begrenzt - (Langwieriger) Normungsprozess erforderlich

3.3.2. Produktion Bioethanol: Gegenüberstellung Europa und Brasilien

Produktion aus Zuckerrüben und Getreide in Europa

- In Europa und Deutschland werden heute v.a. Zuckerrüben und Getreide für die Bioethanolproduktion eingesetzt.
- Während zuckerhaltige Pflanzen direkt vergoren werden, muss bei Getreide die Stärke zunächst enzymatisch in Zucker umgewandelt werden.
- Bei der Ethanolgewinnung entsteht als Nebenprodukt Schlempe bzw. Vinasse, die als Futter-, Düngemittel oder Substrat für Biogasanlagen eingesetzt werden kann. Aus der Getreideschlempe wird häufig ein als DDGS (Distillers Dried Grains with Solubles) bezeichnetes Futtermittel hergestellt.
- Die Flächenproduktivität ist bei der Bioethanolproduktion aus Zuckerrüben deutlich höher als bei Getreide. Sie ist auch mehr als doppelt so hoch wie bei der Produktion von Biodiesel oder Pflanzenöl.
- Die Ethanolerzeugung aus Zuckerrüben und Getreide ist technologisch ausgereift.
- Bislang wird lediglich das stärkehaltige Korn des Getreides für die Ethanolerzeugung verwendet. Großes Potenzial bezüglich der Kosten und der Energie- und THG-Bilanzen besteht in der Nutzung der gesamten Pflanze, d.h. auch des lignozellulosehaltigen Teils. Die Flächenproduktivität kann deutlich gesteigert werden, wenn z. B. das Korn konventionell und gleichzeitig das Stroh über neue Verfahren zu Ethanol verarbeitet wird.
- Unter den Getreidearten hat Weizen die höchste Flächenproduktivität, im Vergleich zur Zuckerrübe sind die Ethanolerträge je ha aber gering. Die Flächenproduktivität von Roggen ist geringer als bei Weizen. Triticale spielt bei der Ethanolerzeugung nur eine geringe Rolle.
- Sofern die Bioethanolproduktion in Deutschland bzw. Europa auf heimischen Rohstoffen beruht, können so alternative Absatzkanäle für landwirtschaftliche Produkte geschaffen werden. Die Produktion ist im Vergleich zu dem fossilen Substitut derzeit nicht wettbewerbsfähig. Es besteht ein Einfuhrzoll für den europäischen Markt.

Produktion aus Zuckerrohr in Brasilien

- Brasilien ist hinter den USA der zweitgrößte Ethanolproduzent und größter Exporteur und verfügt über eine 30jährige Erfahrung bei der Verwendung von Ethanol im Kraftstoffsektor. Brasilien verfügt über die größte Anbaufläche für Zuckerrohr und kann diese weiter ausdehnen. Allerdings stellt dies höhere Anforderungen an Infrastruktur und Logistik.
- Brasilien ist globaler Kostenführer. Die Produktion ist konkurrenzfähig im Vergleich zu Benzin. Allerdings begrenzen der hohe und weiter wachsende Inlandsverbrauch, attraktive Exportdestinationen in Asien und Entwicklungen auf dem Zuckermarkt mögliche Importe der EU aus Brasilien.
- Bioethanol wurde in Brasilien als Reinkraftstoff oder als Beimischung zum Benzin verwendet. Noch heute gibt es reine Ethanolfahrzeuge im Markt. Zunehmend setzen sich aber Fahrzeuge mit der FFV-Technologie durch, die mit einem beliebigen Ethanol-/Ottokraftstoffgemisch betrieben werden können. Im August 2005 hatten sie bereits einen Anteil von 60% bei den Neuzulassungen.
- Zuckerrohr wird in Monokulturen angebaut und weist hohe Biomasse-Hektarerträge auf. Außerdem benötigt es laut Aussagen der Anbauer nur wenig mineralische Düngemittel und Pestizide.
- Die Energie- und Treibhausgasbilanz der Ethanolproduktion aus Zuckerrohr ist günstiger als die der Produktion aus Getreide und Zuckerrüben. Dies liegt an der Vorteilhaftigkeit des Zuckerrohrs als Rohstoff und am geringen Einsatz fossiler Energie in der Konversion, in der die anfallende Bagasse energetisch genutzt wird.
- Die Kosten der Treibhausgasvermeidung durch Bioethanol sind in Brasilien aufgrund der guten Treibhausgasbilanz und der geringen Produktionskosten negativ.
- Lokale Luftverschmutzungen durch Abbrennen der Blätter bei der Ernte werden aufgrund gesetzlicher Regelungen zu den Erntemethoden zunehmend verhindert. Eine Verschärfung von Umweltauflagen führt zu zusätzlichen Kosten.

3.3.3. Vergleich: Brasilianisches Ethanol aus Zuckerrohr und deutsches Ethanol

	Bioethanol aus Zucker bzw. Stärke	Bioethanol in Brasilien	Erläuterung
Bruttokraftstofftrag/ Nettoenergieertrag (GJ/ha)	2005: 132 / 88 bzw. 54 / 30 2015: 156 / 104 bzw. 68 / 38	2005: 137 / 116 2015: 155 / 131	<ul style="list-style-type: none"> Die brasilianischen Bruttoenergieerträge sind vergleichbar mit denen bei der Produktion aus Zuckerrüben in Deutschland. Die Nettoenergieerträge sind jedoch wesentlich vorteilhafter aufgrund des geringeren Einsatzes fossiler Energie.
Erzeugung bzw. Erzeugungspotenzial (in % des substituierten fossilen Kraftstoffs)	2005: 0 bzw. 1,0 2015: 8,3 / 1,6 bzw. 53,2 / 10,6	2005: 30 2015: 50	<ul style="list-style-type: none"> Aufgrund der enormen Zunahme an FFVs wird der Bioethanolanteil am Benzinmarkt in BRA wachsen Die landwirtschaftliche Fläche Brasiliens beträgt ca. 265 Mio. ha. Davon werden nur ca. 59 Mio. ha genutzt. Auf ca. 5,6 Mio. ha wird Zuckerrohr in Monokulturen angebaut. Die landwirtschaftliche Fläche stellt kaum einen limitierenden Faktor für die Produktionsausweitung dar.
Produktionskosten (Euro/GJ)	2005: 24 bzw. 22 2015: 22 bzw. 20	2005: 9,5 2015: 9,5	<ul style="list-style-type: none"> Die Produktion von Bioethanol aus Zuckerrohr ist die kostengünstigste Option. Gegen weitere Kostensenkungen spricht, das u.a. die ökologischen Anforderungen an Anbau und Produktion steigen, es durch steigende Nachfrage und schwankende Ernten kurzfristig auch zur Erhöhungen der Rohstoffkosten kommen kann und der logistische Aufwand steigt.
Internationale Wett- bewerbsfähigkeit	2005: Vgl. zu BRA: Faktor 2,5 2015: Vgl. zu BRA: bis Faktor 2	2005: Kostenführer 2015: Kostenführer	<ul style="list-style-type: none"> Trotz sinkender europäischer Produktionskosten wird Brasilien globaler Kostenführer bleiben. Jedoch steigen brasilianische Produktionskosten tendenziell aufgrund verschärfter Umweltschutzauflagen und höherer Logistikkosten bei einer Ausdehnung der Anbauflächen.
CO₂-Einsparung t/ha	2005: 7,2 bzw. 2,9 2015: 8,5 bzw. 3,7	2005: 15,5 2015: 17,6	<ul style="list-style-type: none"> Die THG-Einsparungen je ha sind in Brasilien aufgrund der guten Eignung von Zuckerrohr, der sehr hohen Hektarerträge und der guten energetischen Nutzung von Zuckerrohr besonders hoch. Sie steigen aufgrund zunehmender Ernteerträge. Diese Werte können in Deutschland selbst mit BtL nicht erreicht werden.
CO₂-Vermeidungskosten (Euro/t CO₂e)	2005: 290 bzw. 252 2015: 276 bzw. 220	2005: -27 2015: -27	<ul style="list-style-type: none"> In Brasilien entstehen beim Einsatz von Bioethanol negative Vermeidungskosten, da die Produktionskosten von Bioethanol geringer sind als die von Benzin. Bei angenommenen konstanten Produktionskosten und konstanter THG-Vermeidung je Liter Ethanol bleiben diese ebenfalls konstant.
Aufwand Markteinführung	2005: 214 Mio. (inkl. Importe) 2015: weitere Förderung nötig	ca. 10 Mrd. in 30 Jahren, heute keine unmittelbare finanzielle Förderung mehr	<ul style="list-style-type: none"> Die Verwendung von Bioethanol als Treibstoff wurde in Brasilien lange intensiv gefördert. Heute besteht jedoch keine unmittelbare finanzielle Förderung mehr und brasilianisches Ethanol ist im Vergleich zu Benzin wettbewerbsfähig.

Kommentare: Die brasilianische Bioethanolproduktion ist ökonomisch und ökologisch vorteilhaft. Die Inlandsnachfrage in Brasilien wächst stark und schränkt das Exportpotenzial ein. Die brasilianische Ethanolproduktion unterliegt starken Schwankungen und ist zudem strategisch an den Exportmärkten USA und Asien ausgerichtet.

3.3.4. Bioethanol aus Lignozellulose

Produktion

- Rohstoffe für die Produktion von Bioethanol aus Lignozellulose sind alle zellulosehaltigen Materialien, bspw. Gras, Stroh, Holz und verschiedene Rest- und Abfallprodukte aus der Landwirtschaft und Holzverarbeitung sowie kommunale Abfälle und Reststoffe.
- Im Vergleich zu der Konversion von zucker- und stärkehaltigen Rohstoffen ist dieser Prozess komplexer, da die Umwandlung von Zellulose in Zucker aufwendig ist. Bisher findet dies nur in Versuchsanlagen statt.

Entwicklungsstand

- Bislang besteht weltweit keine großtechnische Produktion von Bioethanol aus Lignozellulose.
- Die Gewinnung von Ethanol aus Lignozellulose stellt insbesondere in Kanada, USA und Skandinavien einen Forschungsschwerpunkt dar. Mit der baldigen Errichtung erster kommerzieller Anlagen rechnet z.B. die Internationale Energieagentur.
- Mittel- bis langfristig gelten zellulosehaltige Rohstoffe als besonders vielversprechend, da sie in sehr großen Mengen vorliegen und im Vergleich zu traditionellen Rohstoffen der Bioethanolproduktion in der Zukunft vermutlich zu geringeren Kosten zur Verfügung stehen werden. Allerdings müssten dafür verlässliche Anreize für die Rohstoffproduzenten bestehen. Auch Ernte und Logistikkette stellen eine Herausforderung dar.

Potenzial

- **Technisch:**
Bislang findet keine kommerzielle Produktion von Bioethanol aus Lignozellulose statt. Mittelfristig wird hier aber ein großes Potenzial gesehen, und erste Praxisversuche werden als vielversprechend gewertet.
- **Wirtschaftlich:**
Die Produktion wird mittelfristig als kostengünstiger als die europäische Produktion aus Zucker und Stärke eingeschätzt. Die Wettbewerbsfähigkeit von Bioethanol aus Lignozellulose im Vergleich zu fossilen Kraftstoffen ist bislang nicht absehbar.
- **Ökologisch:**
Im Vergleich zur Produktion aus Zucker und Stärke werden günstigere Energie- und Treibhausgasbilanzen erwartet.
- **Energiapolitisch:**
Durch die Produktion aus Lignozellulose und die damit verbundene Erweiterung der Rohstoffbasis erhöht sich das Mengenpotenzial für Bioethanol. Im Verbund mit der positiven Energiebilanz erhöht dies den Beitrag zur Energieversorgungssicherheit.

■ Agrarpolitisch:

Die Produktion von Bioethanol aus Lignozellulose erweitert die Rohstoffbasis erheblich, ermöglicht auch den Einsatz landwirtschaftlicher Reststoffe und verringert damit die Flächenkonkurrenz, da keine zusätzlichen Flächen nötig sind. Dies würde eine Ausdehnung der Ethanolproduktion erlauben und das Einkommenspotenzial in der Landwirtschaft erhöhen.

3.4. BtL-Kraftstoff

Merkmale BtL-Kraftstoff	
<ul style="list-style-type: none">■ BtL-Kraftstoffe, auch synthetische Biokraftstoffe, SunFuel, Sun-Diesel oder Designerkraftstoff genannt, bestehen aus reinen Kohlenwasserstoffketten und können in ihren Nutzungseigenschaften regelrecht „maßgeschneidert“ werden. Der Einsatz der Kraftstoffe führt zu einer deutlichen Verringerung der Abgas- und Rußpartikelemissionen.	
Spezifisches Gewicht	0,76 bis 0,79 kg/l*
Heizwert	33,45 MJ/l (43,9 MJ/kg)
Kraftstoffäquivalent	1 l BtL-Kraftstoff ersetzt ca. 0,97 l Diesel**
Einsatzmöglichkeiten	
<ul style="list-style-type: none">■ BtL-Kraftstoffe sind eine neue am Markt noch nicht verfügbare Entwicklung. Es bestehen unterschiedlich weit entwickelte Produktionsverfahren für den Otto- und Dieselmotorkraftstoffmarkt. Bisher existieren nur Versuchsanlagen. Jedoch beruhen große Hoffnungen auf BtL-Kraftstoffen und es besteht großes Entwicklungspotenzial. Grundlage dieser Studie ist das „Choren-Verfahren“ (Produktion von BtL für den Dieselmotorkraftstoff). Weitere Verfahren sind an der TU Bergakademie Freiberg, am Forschungszentrum Karlsruhe und auch in anderen europäischen Ländern (ECN, Niederlande; TU Wien; VTT, Finnland; Vernamo, Schweden) in der Entwicklung.■ BtL-Kraftstoffe können in Reinform oder als Mischungen ohne Motoranpassungen in Dieselfahrzeugen verwendet werden.	
Potenzial	
<ul style="list-style-type: none">■ Technisch: Neben Holz und Stroh können diverse Rest- und Abfallstoffe in Kraftstoff umgewandelt werden. Mit knapp 4.000 l/ha erzielt BtL einen hohen flächenbezogenen Kraftstoffenergieertrag. Die Eigenschaften des Kraftstoffs können während der so genannten Synthese durch Variation bestimmter Parameter nach Wunsch beeinflusst werden. Die Qualität der BtL-Kraftstoffe entspricht der von GtL-Kraftstoffen.■ Wirtschaftlich: Die Inbetriebnahme der ersten kommerziellen Anlage mit einer Jahreserzeugung von rund 16.500 m³ ist für 2007 durch die Firma CHOREN geplant. Weitere Standorte mit einer Jahreserzeugung von jeweils rund 225.000 m³ sind in Vorbereitung. Die Produktionskosten sind noch deutlich höher als bei Bioethanol oder Biodiesel, mittelfristig werden Kostensenkungen von bis zu 30% erwartet.	

■ Ökologisch:

Die Erzeugung der BtL-Kraftstoffe kann mit geringer Zufuhr externer Energie erfolgen. Dies führt zu einer weitgehenden CO₂-Neutralität über den gesamten Produktionsprozess.

■ Energiepolitisch:

Durch den hohen Kraftstoffenergieertrag pro Flächeneinheit und die breite Rohstoffbasis kann BtL erheblich zur Verringerung von Energieimporten beitragen.

■ Agrarpolitisch:

Der gezielte Anbau von Biomasse für die BtL-Produktion muss den Landwirten ausreichende Deckungsbeiträge ermöglichen, um Anreize zur Umstellung auf Energiepflanzenproduktion zu setzen. Direkte Einkommenseffekte in der Landwirtschaft treten besonders dann auf, wenn Kuppelprodukte neben der Nahrungsmittelproduktion zusätzlich vermarktet werden können (bspw. Stroh).

* In Abhängigkeit von eingesetztem Katalysator und Upgradingverfahren

** Dieser Wert ergibt sich nicht nur aus den unterschiedlichen Heizwerten, sondern auch aus dem geringeren Verbrauch beim Einsatz von BtL wie er in Tests von VW und DaimlerChrysler ermittelt wurde

3.4.1. Verwendungsformen von BtL-Kraftstoff

	Beimischung	Reinkraftstoff (BtL100)	BtL im Ottokraftstoff
Beschreibung	<ul style="list-style-type: none"> ■ BtL kann mit fossilem Diesekraftstoff in jedem Verhältnis gemischt werden 	<ul style="list-style-type: none"> ■ BtL100 ist der Diesekraftstoff mit den besten Eigenschaften 	<ul style="list-style-type: none"> ■ BtL nach dem FT-Verfahren nicht als Ottokraftstoff geeignet
Anwendungsstand	<ul style="list-style-type: none"> ■ BtL derzeit nicht im Markt verfügbar 	<ul style="list-style-type: none"> ■ BtL derzeit nicht im Markt verfügbar 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Alternative Produktionstechnologien in der Erprobung
+ / -	<ul style="list-style-type: none"> + Verbesserung der Energie- und THG-Bilanzen + Beimischung von bis zu 20% kann unter Einhaltung der EN590 erfolgen + Schadstoffvermeidungspotenzial ist bei der Beimischung größer als beim Reinkraftstoff. Bei 20%iger Beimischung werden 50% Schadstoffreduktionspotenzial erreicht + Verbesserung der Emissionen auch älterer Fahrzeuge (unter der Annahme, dass die Mineralölindustrie die Blend-Zusammensetzung nicht verändert) + Keine neue Verteilerinfrastruktur erforderlich - BtL derzeit noch nicht im Markt verfügbar - Beimischungskosten 	<ul style="list-style-type: none"> + 100% biogener Kraftstoff und dadurch starke Verbesserung der Energie- und THG-Bilanzen + Erhebliche Verbesserung der Emissionen auch älterer Fahrzeuge + Für Flotten älterer Fahrzeuge (Bus, Taxi) im Innenstadtbereich sinnvoll (Reduzierung der Partikelemission auch ohne Partikelfilter) + Weitere Optimierung der Motoren für BtL100 möglich + BtL, GtL und CtL sind chemisch identisch. Dies dürfte die Akzeptanz im Premiumkraftstoffmarkt erhöhen - BtL derzeit noch nicht im Markt verfügbar - Mit Ausnahme der Dichte entspricht BtL der EN590 	<ul style="list-style-type: none"> + Starke Verbesserung der Energie- und THG-Bilanzen möglich + Erweiterung der Rohstoffbasis analog zu BtL-Diesel - Technologie noch nicht ausgereift - BtL nur nach weiteren Konditionierungsschritten für den Ottokraftstoffmarkt geeignet - Kraftstoff-Motor-Interaktion muss noch überprüft werden

3.5. Biogas

Merkmale Biogas

- Biogas entsteht bei der anaeroben Vergärung organischen Materials, d.h. Anbaubiomasse oder Reststoffe (Maissilage, Gras, Gülle, Abfälle, etc.). Biogas besteht zu 50 bis 60% aus Methan und zu 40 bis 50% aus Kohlendioxid. Andere Gase (Schwefelwasserstoff, Wasserstoff, Stickstoff und Höhere Kohlenwasserstoffe) sind in Spuren enthalten. Durch Abtrennung des Kohlendioxids und der Spurengase erhält man ein Reingas, das chemisch mit Erdgas identisch ist.

Angaben für Reingas:

Spezifisches Gewicht	0,72 kg/m ³
Heizwert	50 MJ/kg (36 MJ/m ³)
Kraftstoffäquivalent	1 kg Biomethan ersetzt 1,5 l Benzin und 1,3 l Diesel (1 m ³ ersetzt 0,94 l Benzin und 1,08 l Diesel)

Einsatzmöglichkeiten

- Biogaserzeugung ist eine etablierte Technologie. Bisher erfolgt in Deutschland jedoch keine Nutzung von Biogas als Treibstoff. Biogas wird hauptsächlich für die Stromerzeugung genutzt, was wegen der Förderung durch das EEG attraktiver ist.
- Biogas könnte allerdings wie Erdgas als Treibstoff verwendet werden. Auf Erdgasqualität aufbereitetes Biogas kann über übliche Erdgastankstellen (ca. 600 in Deutschland) angeboten werden. In Schweden bspw. erfolgt dies zunehmend.
- In Deutschland bieten einige Fahrzeughersteller ab Werk auf Erdgasbetrieb abgestimmte Fahrzeuge an. In 2005 gibt es ca. 35.000 Erdgasfahrzeuge in Deutschland. Diese können problemlos auch mit Biogas betrieben werden.

Potenzial

- **Technisch:**
Die Erzeugung von Biogas ist eine etablierte Technologie, jedoch besteht wenig Erfahrung bei Aufbereitung und Verwendung als Treibstoff. Bei Verwendung von Biogas im Transportsektor muss eine aufwändige Gasreinigung erfolgen. Das Endprodukt muss der zukünftigen Erdgasnorm entsprechen.
- **Wirtschaftlich:**
Derzeit ist die Verstromung von Biogas wegen der Förderung durch das EEG wesentlich lukrativer. Bei der Produktion von Biogas aus Biomüll, d.h. aus nicht-Nawaros könnte eine Verwendung als Kraftstoff lohnend sein, da für die Verstromung kein EEG-Bonus gezahlt würde.

Das Konkurrenzprodukt Erdgas ist günstiger als Biogas und zudem langfristig steuerbegünstigt. Erdgasfahrzeuge, die auch Biogas vertragen, sind in der Anschaffung um mindestens 1.500 Euro teurer als vergleichbare Benzin- oder Dieselfahrzeuge. Biogas als Biokraftstoff ist bislang von der Mineralölsteuer befreit.

■ Ökologisch:

Die Biogasnutzung als Ersatz für fossile Treibstoffe reduziert die Treibhausgasemissionen und besitzt ansonsten die gleichen Umweltvorteile wie die Verwendung von Erdgas als Kraftstoff.

■ Energiepolitisch:

Eine Produktion aus heimischen Rohstoffen kann die Versorgungssicherheit erhöhen. Der Einsatz von Biogas als Treibstoff wäre energetisch sinnvoll und durch geeignete Fördermechanismen forcierbar.

■ Agrarpolitisch:

Heute ist die Biogasproduktion durch den Einsatz von Gülle, aber auch nachwachsenden Rohstoffen geprägt, deren Anteil künftig zunehmen wird. Findet eine Biogasproduktion aus landwirtschaftlichen Rohstoffen für den Kraftstoffmarkt statt, erfolgt diese aus deutschen Rohstoffen, da sie aufgrund hoher Transportkosten für Substrate dem internationalen Wettbewerb begrenzt ausgesetzt sind.

3.6. Bio-Wasserstoff

Merkmale Bio-Wasserstoff

- Wasser (H_2O) kann durch Energiezufuhr in Wasserstoff (H_2) und Sauerstoff (O) getrennt werden. Die Schlüsseltechnologie Brennstoffzelle setzt Wasserstoff und Sauerstoff zu Wasser um und produziert dabei Elektrizität und Wärme. Heute wird Wasserstoff überwiegend aus Methan durch Reformierung gewonnen. Jedoch bestehen weitere Optionen, u.a. die Produktion aus Biomasse durch die Freisetzung von Wasserstoff bspw. bei der Vergasung. Hier wird dann von Bio-Wasserstoff gesprochen.

Spezifisches Gewicht	Flüssig (20,3K): 0,071 kg/l ; gasförmig (200 bar): 0,017 kg/l
Heizwert	120 MJ/kg (flüssig; 8,49 MJ/l; gasförmig: 4,93 MJ/l (bei 700 bar)
Kraftstoffäquivalent (Benzin)	flüssig: 2,8 l

Einsatzmöglichkeiten

- Wasserstoff gilt als zukunftssträchtiger Energieträger. Er kann aus verschiedenen Primärenergieträgern, u.a. mit Hilfe von Biomasse hergestellt werden. Ein Einsatz in Brennstoffzellen und Verbrennungsmotoren ist möglich.
- Mittlerweile bestehen einige Wasserstoffprojekte, v.a. im Linienbusbereich und es existieren wenige öffentliche Wasserstofftankstellen. Weltweit existieren erst 600 PKW-Versuchsfahrzeuge.
- Die Technik ist noch in der Erprobungsphase. Die Kosten sind entsprechend dem niedrigen heutigen Produktionsvolumen relativ hoch. Der Kraftstoff benötigt separate aber dennoch gut integrierbare Technologie an den Tankstellen. Eine öffentliche Tankstellen-Infrastruktur fehlt. Mit einer breiten Markteinführung ist erst ab 2015 zu rechnen. Wasserstoff wird heute hauptsächlich mittels fossilen Energiequellen (Erdgas) produziert. U.a. aufgrund steigende Energiepreise (v.a. fossil) ist mit einer breiteren Anwendung regenerativer Energie für die Produktion von Wasserstoff zu rechnen.

Potenzial

- **Technisch:**
Für eine effektive Speicherung und Transport ist der Einsatz von Wasserstoff in flüssiger (LH_2 , Liquid Hydrogen) oder gasförmiger (CGH_2 , Compressed Gaseous Hydrogen) Form nötig. Dazu muss Wasserstoff auf $-235^\circ C$ abgekühlt bzw. unter Druck gesetzt werden. Beides stellt hohe Anforderungen an Technik und Sicherheit und kostet auch Energie. Die Verflüssigung ist zunächst energieaufwendiger, was jedoch durch den einfacheren Transport

kompensiert werden kann. Bestehende Technologien sind von der Wirtschaftlichkeit weit entfernt. Dennoch wird aufgrund der unbegrenzten Verfügbarkeit ein weiterer Ausbau erfolgen. Die tatsächliche Produktion von Bio-Wasserstoff spielt in Deutschland bisher keine Rolle.

- **Wirtschaftlich:**

Wasserstoff wird heute überwiegend und am kostengünstigsten mittels Dampfreformierung aus Erdgas, Erdöl und Kohle gewonnen. Die Dampfreformierung ist technisch etabliert. Dies kostet rund das 1,5 - 2-fache von Benzin und Diesel. Werden auch Lagerung und Transport berücksichtigt, erhöhen sich die Kosten noch mal erheblich. Dabei ist aber zu bedenken, dass Brennstoffzellen-Fahrzeuge im Vergleich zu herkömmlichen Fahrzeugen nur etwa die Hälfte an Energie für eine zurückgelegte Strecke benötigen.

- **Ökologisch:**

Bei regenerativer Produktion und Einsatz in der Brennstoffzelle entstehen weder Treibhausgasemissionen noch lokal wirkenden Abgase.

- **Energiepolitisch:**

Die regenerative Herstellung von Wasserstoff würde ganz erheblich zur Lösung energiepolitischer Probleme beitragen. Allerdings müssten zunächst regenerative Energien als Quelle für die Wasserstoffproduktion ausreichend vorhanden sein.

- **Agrarpolitisch:**

Produktion von Bio-Wasserstoff kann die Biomassenachfrage erhöhen.

4. Gesamtwirtschaftliche Effekte der Biokraftstoffproduktion in Deutschland

- Substitution zwischen bisheriger Nutzung von Biomasse zur Nahrungsmittel- und Futterproduktion und stofflicher und bisheriger energetischer Nutzung hin zur Verwertung von Biomasse zur Biokraftstoffproduktion
- Reduzierung von Exporten von Biomasse zugunsten der inländischen Biokraftstoffproduktion
- Budgetdefizit durch Mineralölsteuerausfall: ca. 1,3 Mrd. Euro in 2005
- Aufwand Investitionsbeihilfen
- Investitionsumlenkung
- Exportpotenzial von Konversionstechnologie und Anwendungswissen
- Geringe positive Effekte bei Zulieferern von Hilfs- und Betriebsstoffen und den nachgelagerten Wertschöpfungsstufen
- Geringer Rückgang von Import und Produktion fossiler Kraftstoffe und Kraftstoffkomponenten
- Geringe wirtschaftliche Expansion durch Beimischung und Vertrieb
- Gesamteffekt bei Wertschöpfung und Beschäftigung vernachlässigbar



Gesamtwirtschaftliche Effekte der Biokraftstoffproduktion in Deutschland

4.1. Die Auswirkungen der Förderung von Biokraftstoffen

Die Produktion von Biokraftstoffen wird staatlich gefördert, um drei Ziele gleichzeitig zu verfolgen:

- Verbesserte Sicherheit der Energieversorgung
- Reduktion der Emission von Klimagasen, insbesondere von Kohlendioxid
- Sicherung der Einkommen und Beschäftigung in der Landwirtschaft.

Die Möglichkeit der Sicherung von Einkommen und Beschäftigung in der Landwirtschaft soll hier genauer betrachtet werden.

Die Förderung von Biokraftstoffen durch die Mineralölsteuerbefreiung sowie Investitionsbeihilfen und Steuererleichterungen führten zu einer beträchtlichen Ausweitung der Produktion von Biokraftstoffen, da sowohl der Anbau als auch die Konversion von Agrarrohstoffen in Biokraftstoffe rentabler wurden. Dadurch entstehen direkte Output- und Beschäftigungseffekte. So sind bereits die Einkommen aus dem Rapsanbau gestiegen. Neben diesen direkten Effekten sind jedoch auch die gesamtwirtschaftlichen Rückwirkungen zu beachten.

Der verstärkte Anbau von Agrarrohstoffen für die Biokraftstoffherzeugung verursacht angesichts der in Deutschland begrenzten Flächenverfügbarkeit eine Konkurrenz zwischen verschiedenen Landnutzungs-

formen. Nahrungs- bzw. Futtermittelproduktion, agrarische Rohstoffe für nichtenergetische Nutzungen oder andere Landschaftsnutzungen werden notwendigerweise bei einer Ausweitung der Anbaufläche für Bioenergie zurückgedrängt. Auch solche Flächen, die im Rahmen der europäischen Agrarreform nicht mehr profitabel mit den bisherigen Interventionsfrüchten bewirtschaftet werden können, werden in die Verwendung gehen, die die höchsten Deckungsbeiträge verspricht. Diese werden von der Nachfrage- und Preisentwicklung für Nahrungsmittel, für stoffliche und für energetische Nutzungen bestimmt. Die gezielte Förderung der Biokraftstoffe verursacht einen Wettbewerbsvorteil, allerdings müssen sich auch die Rohstoffe für die Biokraftstoffproduktion im internationalen Wettbewerb behaupten. Die Preisentwicklung für Getreide und Raps bzw. Pflanzenöl wird weitgehend von den Weltmarktbedingungen determiniert, diejenige für Zuckerrüben hängt mehr von der Zukunft der Zuckermarktordnung ab als von der Nachfrage nach Ethanol.

Derzeit werden in großen Mengen landwirtschaftliche Rohstoffe wie Getreide, aber auch weiterverarbeitete Produkte wie Zucker exportiert. In Zukunft werden die Exportmöglichkeiten abnehmen, da Europa die wahrscheinlich zunehmenden Verpflichtungen innerhalb der WTO erfüllen muss. Dieser Absatzrückgang

kann zu Beschäftigungseinbußen in der Landwirtschaft führen. Die wachsende Nachfrage nach landwirtschaftlichen Rohstoffen für die Biokraftstoffproduktion wirkt diesem Effekt entgegen.

4.1.1. Beschäftigung in der Landwirtschaft

Die Produktion von Biokraftstoffen führt in Deutschland in 2005 zu einer Flächenbindung von ca. 1 Mio. ha. Bei einem durchschnittlichen Bedarf von 1,7 Arbeitskräften je 100 ha landwirtschaftlicher Fläche in der deutschen Landwirtschaft können dadurch theoretisch ca. 17.000 Arbeitskräfte gebunden werden. Allerdings bedeutet dies nicht, dass diese Arbeitskräfte ohne die Biokraftstoffproduktion aus der Landwirtschaft ausscheiden würden, da vielfach auf Stilllegungsflächen angebaut wird und sonstige Flächen lediglich einer neuen Verwendung zugeführt werden. Da die Ackerfläche insgesamt in Deutschland nicht zugenommen hat, kann eine Ausweitung der Beschäftigung nur durch eine intensivere Bodenbewirtschaftung zustande kommen.

Eine detaillierte quantitative Analyse der Intensivierung der landwirtschaftlich genutzten Fläche für Biokraftstoffe liegt bisher nicht vor. Eine Abschätzung der wahrscheinlichen Größenordnungen ist aber auf Basis der vorliegenden Daten möglich. Die Ethanolproduktion beruht heute auf dem Anbau von Getreide. Bei

Getreide hat eine Ausweitung der Anbaufläche bisher nicht stattgefunden und ist wie auch bei Zuckerrüben für die Zukunft unwahrscheinlich. Positive Beschäftigungseffekte sind deshalb bei der Rohstoffherzeugung für Ethanol kaum zu erwarten. Falls die Rohstoffproduktion für Ethanol eher extensiver als die Nahrungsmittelproduktion stattfindet, könnte sogar ein leichter Rückgang der Beschäftigung eintreten.

Die Produktion von Raps hat in den letzten Jahren beträchtlich zugenommen. Dies ging insbesondere auf Kosten der Anbauflächen für die jeweils ökonomisch schwächste Konkurrenzfrucht (meistens Getreide) oder der Anbau fand auf Stilllegungsflächen statt. Da die Bewirtschaftung von Raps anstelle von Getreide nicht arbeitsintensiver ist, entstehen hier keine Beschäftigungseffekte. Die Bewirtschaftung von Rapsflächen anstelle von Stilllegungsflächen bedarf jedoch eines höheren Arbeitskräfteeinsatzes. Bei ca. 300.000 ha Rapsanbau auf Stilllegungsflächen führt dies zu einem zusätzlichen Bedarf von ca. 5.000 Arbeitskräften. Dies könnte als theoretische Obergrenze für eine zusätzliche Beschäftigung angesehen werden. Jedoch wird der Bedarf in der Praxis wohl überwiegend aus freien Kapazitäten gedeckt. Ob der Rapsanbau für Biokraftstoffe zu neuen Beschäftigungsverhältnissen geführt hat, lediglich Beschäftigung in anderen Bereichen ersetzt wurde oder durch Produktivitätssteigerungen bzw. eine stärkere Auslastung der in der Landwirtschaft Tätigen einher geht, ist nicht festzustellen.

Durch die zunehmende Entstehung dezentraler Ölmühlen (ca. 250), deren erzeugten Öle zu ca. 80% im Biokraftstoffbereich eingesetzt werden, können gewisse Einkommenseffekte aufgrund des zusätzlichen Absatzkanals und der Erhöhung der Wertschöpfung im eigenen Betrieb entstehen. Allerdings werden dezentrale Ölmühlen meist von landwirtschaftlichen Betrieben direkt geführt. Sie bedürfen daher kaum zusätzlicher Arbeitskräfte.

4.1.2. Beschäftigung in der Konversion

Die Konversion der agrarischen Rohstoffe in Biokraftstoffe hat zu einem Investitionsschub im Anlagenbau geführt. Das dafür notwendige Kapital kann auf dem Kapitalmarkt ohne merkliche Effekte beschafft werden. Jedoch stehen angesichts knapper öffentlicher Finanzen die gezahlten Beihilfen nicht mehr anderen und möglicherweise wünschenswerteren Investitionsvorhaben zur Verfügung. Hier findet daher eine Verdrängung anderer öffentlich zu fördernder Vorhaben statt. Welche Investitionsvorhaben gesamtwirtschaftlich die größten Wachstumschancen haben und welche die verschiedenen wirtschaftspolitischen Ziele am ehesten erreichen, ist in diesem Projekt

nicht zu bestimmen. Die Beschäftigungs- und Einkommenseffekte der Investitionen sind überwiegend nur temporärer Natur, da der laufende Betrieb der derzeit bestehenden Konversionsanlagen weniger als 1.000 Beschäftigte benötigt.

Fazit: Die Einkommens- und Beschäftigungseffekte in der Konversion können für den Bau der Anlagen in den entsprechenden Unternehmen zeitlich begrenzt positiv sein. Der Nachfrageschub bei den Anlagenbauern wird wahrscheinlich das langfristige Wachstum dieses Wirtschaftssektors nicht merklich beeinflussen. Der laufende Betrieb der Anlagen wird nur in geringem Umfang neue Arbeitsplätze schaffen. Jedoch kann der Export dieser Anlagen und der Technologie einen positiven Effekt schaffen. Es muss allerdings der internationale Wettbewerb im Anlagenbau besonders von Brasilien und den USA berücksichtigt werden.

Der Absatz von Biokraftstoffen auf dem Kraftstoffmarkt verdrängt fossile Kraftstoffe und reduziert damit die Abhängigkeit von Erdölimporten. Innerhalb Deutschlands können langfristig Raffineriekapazitäten abgebaut werden, was zu einem Rückgang der Beschäftigung führen könnte. Auswirkungen auf die Wechselkurse aufgrund des niedrigeren Importbedarfs werden nicht messbar sein.

Fazit: Positive Beschäftigungs- und Einkommenseffekte sind durch die Beimi-

schung und den Absatz von Biokraftstoffen nur bedingt zu erwarten. Ein vernachlässigbar geringer Rückgang der Beschäftigung im Raffineriebereich ist möglich.

4.1.3. Beschäftigung in Transport und Logistik

Weitere Beschäftigungseffekte entstehen im Bereich Transport und Logistik, insbesondere im Bereich des Rohstofftransports. Auch dies gilt allerdings nur, wenn tatsächlich zusätzlich Rohstoffe transportiert werden und die Rohstoffe nicht nur einer anderen Verwendung zugeführt werden. Geht man von der Annahme aus, dass der gesamte Raps, der in die Biokraftstoffproduktion geht, zusätzlichen Transport verursacht, können dadurch ca. 300 Arbeitsplätze entstehen.

4.1.4. Abschätzung der gesamtwirtschaftlichen Beschäftigungseffekte

Die gesamtwirtschaftlichen Beschäftigungswirkungen der Förderung von Biokraftstoffen setzen sich zusammen aus den oben abgeschätzten Beschäftigungseffekten in der Landwirtschaft, der Konversion und in Transport und Logistik.

Die Ackerfläche in Deutschland ist weitestgehend konstant, so dass lediglich eine Substitution in deren Nutzung stattfindet.

Da die Arbeitsintensitäten bei Getreide und Raps ungefähr gleich sind, wird hier keine Beschäftigung erzeugt. Lediglich durch den Rapsanbau auf Stilllegungsflächen können theoretisch max. 5.000 Arbeitskräfte in der Landwirtschaft gebunden werden. Allerdings ist nicht sicher, ob diese auch tatsächlich als neue Beschäftigungsverhältnisse erscheinen, oder ob nur eine bessere Auslastung bestehender Beschäftigungsverhältnisse oder eine Vermeidung eines weiteren Stellenabbaus erreicht wird. Die leicht rückläufige Beschäftigung in der Landwirtschaft deutet darauf hin, dass keine zusätzlichen Arbeitsplätze geschaffen worden sind. In der Biokraftstoffproduktion selbst entstehen etwa 1.000 Arbeitsplätze und im Bereich Transport und Logistik werden ca. 300 Arbeitskräfte benötigt.

4.2. Einkommens- und Beschäftigungseffekte

4.2.1. Brutto-Effekte

In der Landwirtschaft (Rohstoffproduktion)

Positive Einkommens- und Beschäftigungseffekte durch:

- Neuer Absatzkanal Biokraftstoffproduktion
- Flächenbindung aufgrund der Produktion für Biokraftstoffe. Dadurch Stabilisierung vor Hintergrund erwarteter Handelsliberalisierung

- Zusätzlicher Anbau für die Biokraftstoffproduktion
- Möglichkeit des Absatzes von Nebenprodukten
- Evtl. Preissteigerung durch steigende Nachfrage

In der Konversion (Biokraftstoffproduktion)

- Durch den Bau und den Betrieb von Anlagen entsteht in geringem Ausmaß Beschäftigung
- In der gesamten deutschen Biokraftstoffindustrie bestehen ca. 1.000 direkte Arbeitsplätze

In der Mineralölindustrie (Beimischung und Vertrieb)

- Verstärkter Absatz von Biokraftstoffen
- Kein nennenswerter Beschäftigungseffekt in den Raffinerien durch die Beimischung

Gesamteffekt durch die Biodieselproduktion in Deutschland

- Schöpe und Britschkat (ifo 2002) postulieren für die Biodieselproduktion durch keynesianische Multiplikatoreffekte, dass in der gesamten Wertschöpfungskette ca. 19.000 Arbeitsplätze geschaffen bzw. gesichert werden können (bei 1 Mio. t Biodieselproduktion).
- Die negativen Budgeteffekte sind in der Studie nicht berücksichtigt und die Methodik der Ermittlung der Beschäftigungseffekte ist nicht im Detail

nachvollziehbar. Offenbar sind die Beschäftigungseffekte nicht im Modell explizit gerechnet.


4.2.2. Gesamtwirtschaftliche Effekte

Landwirtschaft:

- Auf der begrenzten Fläche kommt es zu einer Umschichtung der Produktion, d.h. Abnahme der Produktion von Nahrungsmitteln, Industrierohstoffen und anderer Bioenergie und Zunahme der Biokraftstoffproduktion. Eine absolute Produktionsausweitung ist nicht zu erwarten
- Der Nettoeffekt bei der Beschäftigung in der Landwirtschaft ist sehr gering. Die Einkommen können aufgrund höherer Preise z.B. bei Raps und Getreide steigen
- Bei Interventionsfortbestand könnten Interventionskosten eingespart werden, wenn die Rohstoffe statt in die Intervention in die Biokraftstoffproduktion gehen. Dies hätte positive Effekte für das staatliche Budget

Biokraftstoffproduktion:

- Vorübergehend positive Effekte in der Investitionsgüterindustrie
- Positive Beschäftigungseffekte des laufenden Betriebs aber gering
- Leichter negativer Beschäftigungseffekt im Raffineriesektor durch die Verdrängung fossiler Kraftstoffe



Importsubstitution:

- Rohölimporte sinken bei Substitution fossiler Kraftstoffe
- Keine Beschäftigungs- und Einkommenseffekte, da aufgrund des zu geringen Volumens keine Effekte über die Wechselkurse entstehen

Mineralölsteuerbefreiung:

- Finanzierungsdefizit im öffentlichen Haushalt (durch Mineralölsteuerbefreiung und Investitionsbeihilfen)
- Defizite führen zu einem „Crowding Out“ bei anderen Investitionen und haben dadurch negative Rückkopplungseffekte
- Die „Crowding Out-Effekte“ sind bisher noch nicht quantifiziert worden

4.3. Rohstoffbedarf, Flächenbindung und Steuerausfall bei angenommener Biokraftstoffverwendung (ausschließlich heimische Rohstoffe) 2005

* Für Bioethanol wurden für 2015 zwei Szenarien angenommen, einmal das bereits für 2010 vorgesehene EU-Ziel von 5,75% Biokraftstoffe und einmal ein deutlich höherer Anteil. Bei Biodiesel hingegen ist eine weitere Ausdehnung der Produktion aus Raps aufgrund der begrenzten Flächen gar nicht möglich.

	Biodiesel		Bioethanol		
	2005	2015	2005	2015*	2015*
Kraftstoffmarktprognose					
In Mio. t	Dieselmotorkraftstoff	Dieselmotorkraftstoff	Ottomotorkraftstoffe	Ottomotorkraftstoffe	Ottomotorkraftstoffe
In Mio. m³	30,20	29,60	24,20	19,40	19,40
	35,95	35,24	31,84	25,53	25,53
Anteile Biokraftstoffe (energieäquivalent)	5,5%	7%	1%	5,75%	10%
Biokraftstoff in Mio. t	1,9	2,4	0,39	1,78	3,10
Biokraftstoff in Mio. m³	2,2	2,7	0,49	2,26	3,93
Rohstoffbedarf in t	4.775.706	5.957.413	1.265.836	5.834.876	10.147.611
Flächenanbindung in ha	1.404.619	1.752.180	191.793	884.072	1.537.517
Anteil an gesamter Ackerfläche	11,81	14,73	1,61	7,43	12,92
Anteil an in 2004 für jeweiligen Rohstoff genutzter Fläche	109,82	137,00	2,77	12,78	22,23
Steuerausfall in Mio. Euro bei Mineralölsteuerbefreiung	1.000,00	1.275,00	320,63	1.477,92	2.570,30

Annahmen

- Produktion erfolgt ausschließlich in Deutschland und aus in Deutschland angebauten Rohstoffen
- heutige durchschnittliche Ernteerträge
- die Produktion von Pflanzenöl für Biodiesel erfolgt ausschließlich aus Raps, die von Bioethanol ausschließlich aus Getreide

Genutztes Ackerland in Deutschland (2004):

insgesamt:	11.898.000
Davon: Raps:	1.279.000
Getreide:	6.916.000
Zuckerrüben:	441.000

Kraftstoffeigenschaften:

	Kraftstoff-äquivalente	Dichte (kg/l)	l/t Biomasse	t Biomasse/ha	Steuerbefreiung bis Juli 2006 (Euro/m ³)
Biodiesel	0,91	0,88	455	3,4	470,4
Bioethanol	0,65	0,79	387	6,6	654,5
Diesel	1,00	0,84			
Benzin	1,00	0,76			

5. Zusammenfassung und Schlussfolgerungen

5.1. Marktreife, Wettbewerbsfähigkeit und Fördernotwendigkeit

Heute bestehen verschiedene Biokraftstoffoptionen sowohl für den Diesel- als auch für den Ottokraftstoffmarkt. Herkömmliche Biokraftstoffe wie Pflanzenöl, Biodiesel und Bioethanol aus Zucker und Stärke sind als Biokraftstoffe heute schon im Markt. V.a. Biodiesel hat bereits einen relativ hohen Marktanteil erreicht (ca. 5,5% am Dieselkraftstoffmarkt). Pflanzenöl ist aufgrund seiner Eigenschaften nicht uneingeschränkt in zukünftigen Motoren mit moderner Abgasnachbehandlungstechnik einsetzbar.

Biogas als Treibstoff spielt nur eine untergeordnete Rolle, da primär die Verstromung von Biogas betrieben wird und es lediglich in Erdgasfahrzeugen eingesetzt werden kann. Jedoch besitzt Biogas aufgrund seiner Rohstoffbasis hohes Potenzial.

Mit dem Einsatz von Bio-Wasserstoff ist aufgrund der hohen relativen Kosten erst längerfristig zu rechnen. Die Infrastruktur für die voraussichtlich ab 2015 in den Markt erscheinenden Fahrzeuge ist technologisch nicht abhängig von der Herkunft des Wasserstoffes. Wasserstoff (Energieträger) stellt durch die Flexibilität der Herstellung einen wichtigen Beitrag zur Lösung von Energieproble-

men dar. Wasserstoff kann im Gegensatz zu Elektrizität Energie jeglicher Herkunft speichern. Bio-Wasserstoff besitzt ein großes Potenzial.

Herkömmliche Biokraftstoffe, insbesondere Pflanzenöl aber auch Biodiesel und Bioethanol sind am kostengünstigsten. Jedoch ist bei Biodiesel ein Kostenanstieg aufgrund steigender Pflanzenölpreise und gesättigter Nebenproduktmärkte wahrscheinlich.

Mittelfristig sollen die noch nicht kommerziell produzierten Biokraftstoffe BtL und Bioethanol aus Lignozellulose ähnliche und bessere Kostenpositionen erreichen wie die Biokraftstoffe der ersten Generation.

Die Wettbewerbsfähigkeit deutscher Biokraftstoffe zu fossilen Kraftstoffen ist bei heutigen Rohölpreisen nicht gegeben und wird erst ab ca. 75 US\$/barrel erreicht. Am frühesten geschieht dies bei Pflanzenöl gefolgt von Biodiesel und Bioethanol aus Getreide in der direkten Beimischung.

Werden Biokraftstoffe wie mineralölbasierte Produkte besteuert, dann sind sie aufgrund ihrer höheren Produktionskosten nicht wettbewerbsfähig. Zur Verbesserung der Marktposition besteht Förderbedarf, teilweise bei der Markt-

einführung (Biodiesel, Pflanzenöl, Bioethanol), teilweise aber auch noch in F&E und bei Pilot- und Demonstrationsprojekten (Bio-Wasserstoff, BtL, Bioethanol aus Lignozellulose und Biogas).

Bei der internationalen Wettbewerbsfähigkeit von Bioethanol aus Zucker und Stärke ist Brasilien das Benchmark. Brasilien produziert zu weniger als der Hälfte der Kosten im Vergleich zu Deutschland. Die Erreichung brasilianischer Produktionskosten ist auch in Zukunft in Deutschland kaum möglich. Allerdings ist nicht damit zu rechnen, dass Brasilien sämtliche deutsche Verwendung durch Exporte abdecken wird, da auch außerhalb Europas eine wachsende Nachfrage für brasilianisches Bioethanol besteht.

Bei Biodiesel besteht eine erhebliche internationale Konkurrenz beim Rohstoff Pflanzenöl. Soja- und Palmöl ist als Rohstoff deutlich kostengünstiger als Rapsöl. Mittelfristig wird der Import steigen und auch der Import von Biodiesel selbst könnte weiter zunehmen.

Die internationale Wettbewerbsfähigkeit einer deutschen BtL-Produktion ist evtl. langfristig gegeben, wenn Deutschland hier einen Technologievorsprung aufweist (ermöglicht auch Technologieexporte) und die Rohstoffversorgung (nationales Biomasseangebot, Importe) kostengünstig erfolgen kann.


Mittel- und langfristig entstehen neue vielversprechende Biokraftstoffoptionen, die allerdings einer weiteren politischen Förderung bedürfen.

5.2. Potenziale

Die Mengenpotenziale von Biokraftstoffen aus deutschen Rohstoffen und in Deutschland produziert sind generell aufgrund von Flächenkonkurrenz und Konkurrenz in der Nutzung angebaute Biomasse beschränkt. Optimierungspotenzial besteht im Pflanzendesign (bspw. Ertrag, Stärke- und Ölgehalt, Gentechnik).

Bei Biodiesel und Pflanzenöl sind aufgrund einzuhaltender Fruchtfolgen bereits heute Grenzen erreicht. Außerdem bestehen hier aufgrund zukünftiger Emissionsgrenzwerte bzw. der Verwendung von Partikelfiltern Beschränkungen in der Endanwendung als B100.

Auch bei Bioethanol aus Zucker und Stärke bestehen Restriktionen bzgl. der Anbauflächen. Diese sind jedoch deutlich geringer als bei Biodiesel aus Raps. Es besteht auch noch Marktpotenzial aufgrund der bisher nicht erfolgten Beimischung, der Markteinführung weiterer Ether, der Nutzung für die Biodieselherstellung, der Beimischung zum Diesel und der Möglichkeit des Einsatzes als E85 in FFVs.



Bioethanol aus Lignozellulose und BtL beruhen auf einer breiten Rohstoffbasis und werden in Zukunft an Bedeutung gewinnen. Die Rohstoffbasis steht nicht in direkter Konkurrenz zur Nahrungsmittelproduktion, teilweise besteht auch keine Flächenkonkurrenz. BtL weist hohe Hektarerträge auf. Konzepte zur Rohstoffversorgung können aus der stofflichen und energetischen Nutzung übertragen werden.

5.3. Treibhausgaseinsparungen

Bei allen Biokraftstoffen sind die Energiebilanzen positiv, und weiter steigende Nettoenergieerträge werden erwartet. Auch das CO₂-Vermeidungspotenzial der einzelnen Biokraftstoffe wird zukünftig steigen. V.a. BtL-Kraftstoffe weisen hier ein großes Potenzial je ha auf und auch die Vermeidungskosten werden bei BtL neben Pflanzenöl mittelfristig am geringsten sein.

Bei allen Biokraftstoffoptionen besteht Potenzial bei der Verbesserung der Energie- und Treibhausgasbilanzen durch die energetische Nutzung anfallender Reststoffe und die Entwicklung hin zu energieautarken Anlagen

5.4. Effekte in der deutschen Landwirtschaft

Derzeit sind Energiepflanzen noch der Hauptrohstoff für die Biokraftstoffproduktion. Zukünftig wird der Einsatz von Rest- und Abfallstoffen steigen und lignozellulosehaltige Pflanzen werden an Bedeutung gewinnen.

Für die deutsche Landwirtschaft entstehen, sofern Biokraftstoffe in Deutschland und aus deutschen Rohstoffen produziert werden, in erster Linie alternative und nur wenig zusätzliche Absatzmöglichkeiten. Zu zusätzlicher Beschäftigung wird es nur eingeschränkt kommen, jedoch findet eine Beschäftigungssicherung statt. Eine zusätzliche Nachfrage kann zudem preis- und einkommenssteigernde Effekte haben.

Im Forstsektor wird es erst mittelfristig (mit Einführung von BtL-Kraftstoffen) durch zunehmende Holznutzung Effekte geben.

6. Anhang

6.1. Eigenschaften Biokraftstoffe im Vergleich

* gemäß des für die einzelnen Kraftstoffe in der Studie beschriebenen Szenarios 2, d.h. bei Einsatz von 20 % der heute für den jeweiligen Rohstoff in Deutschland verwendeten Ackerfläche, bei prognostizierten fossilen Kraftstoffmärkten für 2015 und bei Berücksichtigung von Ertragssteigerungen je ha. Bei Bioethanol aus Lignozellulose ist zu berücksichtigen, dass auf der gleichen Fläche zusätzlich weitere Rohstoffe für die Nahrungsmittel- oder Bioethanolproduktion hergestellt werden. Bei BiL ist nur Anbaubiomasse berücksichtigt. Die Potentiale für Pflanzenöl und Biodiesel sind nicht addierbar, die Flächen für Biogas und BiL stehen jeweils in Konkurrenz zu den anderen Flächen.

	Biodiesel aus Raps	Rapsöl	Bioethanol aus Zuckerrüben	Bioethanol aus Getreide	Bioethanol aus Lignozellulose	Bioethanol aus Zuckerrohr (Brasilien)	BiL	Biogas (Angaben für Biomethan aus Silomais)	Bio-Wasserstoff
Kraftstoffäquivalente	0,91	0,96	0,65	0,65	0,65	0,65	0,97	1,4	2,8
Heizwert (MJ/l)	33,1	34,59	21,17	21,17	21,17	21,17	33,45	50	119,93 MJ/kg
Biomasse (t/ha)	3,4	3,4	58,02	6,6	2,88	73,8	15 t _{atro}	45	15
Biokraftstoff (l/t Biomasse)	455	435	108	387	342	88	269	79 kg/t	90 kg/t
Biokraftstoff (l/ha)	1547	1479	6237	2554	985	6458	4028	3555 kg/ha	1350 kg/ha
l Kraftstoffäquivalente/ha	1408	1420	4054	1660	640	4197	3907	4977	4742
Bruttokraftstofftrag (GJ/ha)	51	51	132	54	21	137	135	178	160
GJ/ha (netto)	38	35	88	30	18	116	118	113	120
Euro/l Biokraftstoff	0,63	0,49	0,51	0,47	0,64	0,20	1,00	1,04/kg	3,12 – 4,44 Euro/kg
Euro/l Kraftstoffäquivalente	0,69	0,51	0,78	0,72	0,98	0,31	1,03	0,74	0,89 – 1,26
Euro/MJ	0,02	0,01	0,02	0,02	0,03	0,01	0,03	0,02	0,026 – 0,037
Euro/GJ	19,03	14,17	24,09	21,97	30,00	9,45	29,90	20,83	26 – 37
Kostendifferenz (energetisch) Biokraftstoffe – fossil (Euro)	0,37	0,19	0,51	0,45	0,71	-0,10	0,71	0,44	0,6 – 0,97
Einsparung kg CO ₂ /l Biokraftstoff	2,2	2,20	1,15	1,15	1,56	2,40	2,53	1,15/kg	k.A.
Einsparung kg CO ₂ /l Kraftstoffäquivalente	2,42	2,29	1,77	1,77	2,40	3,69	2,61	1,61	k.A.
Einsparung t CO ₂ /ha	3,40	3,25	7,17	2,94	1,54	15,50	10,19	8	k.A.
Euro/t CO ₂	154,00	82,91	290,87	251,74	294,62	-27,08	272,57	273,29	k.A.
Steuerausfall in 2005 (inkl. Importe)	ca. 1 Mrd. Euro	ca. 130 Mio. Euro	0	ca. 214 Mio. Euro	0	0	0	0	k.A.
tatsächliche Erzeugung 2005 (Mio m ³)	2,10	0,27	0	0,33	0	ca. 15	0	0	k.A.
in % des jeweiligen Kraftstoffmarkts	ca. 5,5	ca. 0,7	0	1	0	-	0	0	k.A.
in % des Gesamtkraftstoffmarkts	ca. 3	ca. 0,4	0	ca. 0,5	0	-	0	0	k.A.
Erzeugungspotential 2015 (Mio m ³)*	2,40	2,40	0,65	4,17	1,61	-	6,44	k.A.	k.A.
in % des jeweiligen Kraftstoffmarkts	6	6	1,65	10,63	4,10	-	17,70	k.A.	k.A.
in % des Gesamtkraftstoffmarkts	3,70	3,70	0,65	4,17	1,61	-	10,91	k.A.	k.A.

6.2. Datenquellen

	Biodiesel aus Raps	Rapsöl	Bioethanol aus Zuckerrüben	Bioethanol aus Getreide		Bioethanol aus Lignozellulose	Bioethanol aus Zuckerrohr (Brasilien)	BtL	Biogas (Angaben für Bio-methan aus Silomais)	Bio-Wasserstoff
Kraftstoffäquivalente	FNR 2005a; ADM	FNR 2005a	FNR 2005a	FNR 2005a		FNR 2005a	FNR 2005a	Choren/Daimler Chrysler	Das Erdgas-fahrzeug	FNR 2005a
Heizwert (MJ/l)	ADM	FNR 2005a	FNR 2005a	FNR 2005a		FNR 2005a	FNR 2005a	FNR 2005a	FNR 2005a; Gibgas	Linde; D.M.2
Biomasse (t/ha)	Agrarpoli-tischer Bericht	Agrarpoli-tischer Bericht	Agrarpoli-tischer Bericht	Agrarpoli-tischer Bericht		Shell/Iogen	FAOSTAT	FNR 2005a, Choren	FNR 2005a; Schmack	D.M.2
Biokraftstoff (l/t Biomasse)	ADM	ADM	FNR 2005a	Vogelbusch		Shell/Iogen	Macedo et al.	Choren	Schmack	D.M.2/ Linde/DC
Biokraftstoff (l/ha)	aus angegebenen Werten berechnet					aus angegebenen Werten berechnet			Schmack, Bio-masseverband Österreich, UBA Wien	aus angegebenen Werten berechnet
l Kraftstoffäquivalente/ha	aus angegebenen Werten berechnet					aus angegebenen Werten berechnet				
Bruttokraftstofftrag (GJ/ha)	aus angegebenen Werten berechnet					aus angegebenen Werten berechnet				
GJ/ha (netto)	Quirin et al.	Quirin et al.	Quirin et al.	Quirin et al.		Schmitz 2005	Weitz	Choren	Schmack, Weitz	D.M.2
Euro/l Biokraftstoff	Bericht Steuer-begünstigung	UFOP; Bericht Steuer-begünstigung	Schmitz 2003, IEA 2004	Vogelbusch		Shell/Iogen	Schmitz 2005; O2Diesel	Choren	Biomassever-band Österreich; Hofmann et al.; Weitz	EUCAR/ CONCA-WE/JRC WTW-Studie 2005
Euro/l Kraftstoffäquivalente	aus angegebenen Werten berechnet					aus angegebenen Werten berechnet				
Euro/MJ	aus angegebenen Werten berechnet					aus angegebenen Werten berechnet				
Euro/GJ	aus angegebenen Werten berechnet					aus angegebenen Werten berechnet				
Kostendifferenz (energetisch) Biokraftstoffe – fossil (Euro)	Angaben fossil: Produktionskosten bei 50 \$/barrel Rohöl (Mineralölwirtschaftsverband)					Angaben fossil: Produktionskosten bei 50\$/barrel Rohöl (Mineralölwirtschaftsverband)				
Einsparung kg CO₂/l Biokraftstoff	FNR 2005a, Bericht Steuer-begünstigung etc.	FNR 2005a, Bericht Steuer-begünstigung etc.	Schmitz 2005	Schmitz 2005a, FNR 2005a, Bericht Steuer-begünstigung		Schmitz 2005	Lèbre La Rovere	Baitz, et al.	Pözl und Salchenegger	k.A.
Einsparung kg CO₂/l Kraftstoffäquivalente	aus angegebenen Werten berechnet					aus angegebenen Werten berechnet				
Einsparung t CO₂/ha	aus angegebenen Werten berechnet					aus angegebenen Werten berechnet				
Euro/t CO₂	aus angegebenen Werten berechnet					aus angegebenen Werten berechnet				
tatsächliche Erzeugung 2005	aus genannten Annahmen und angegebenen Werten berechnet					aus genannten Annahmen und angegebenen Werten berechnet				
Erzeugungspotential 2015	aus genannten Annahmen und angegebenen Werten berechnet					aus genannten Annahmen und angegebenen Werten berechnet				

6.3. Literaturquellen

- Baitz, M. et al. (2004): Vergleichende Ökobilanz von SunDiesel (Choren-Verfahren) und konventionellem Dieseldieselkraftstoff. Auftraggeber: Volkswagen AG und DaimlerChrysler AG. September 2004.
- Biodiesel – The Official Site of the National Biodiesel Board of the US. www.biodiesel.org.
- BMVEL (2005): Biokraftstoffe. Strategie für Mobilität von morgen, Berlin.
- Clean Energy Partnership (CEP). www.cep-berlin.de.
- concawe, EUCAR, JRC (2004): Well-to-wheels Report. Version 1b, January 2004.
- Das Erdgasfahrzeug. www.erdgasfahrzeuge.de.
- Deutscher Bundestag (2005a): Drucksache 15/5816 21.06.2005. Unterrichtung durch die Bundesregierung. Bericht zur Steuerbegünstigung für Biokraft- und Bioheizstoffe.
- Deutscher Bundestag (2005b): Drucksache 15/4801 02.02.2005. Unterrichtung durch die Bundesregierung. Agrarpolitischer Bericht 2005 der Bundesregierung. Weitere Jahrgänge des (ernährungs-) und agrarpolitischen Berichts wurden verwendet.
- Die Bundesregierung (2004) Perspektiven für Deutschland - Unsere Strategie für eine nachhaltige Entwicklung – Fortschrittsbericht 2004. Kapitel E – Abschnitt III „Die Kraftstoffstrategie – Alternative Kraftstoffe und innovative Antriebe“. Und: Bericht der Unterarbeitsgruppe „Kraftstoffmatrix“ zum „Matrixprozess“.
- European Biodiesel Board. www.ebb.eu.org.
- E4tech (2005): The Economics of a European Hydrogen Automotive Infrastructure. A study for Linde AG by E4tech, 14th February 2005. Final report.
- Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. (FNR) (Hrsg.) (2005a): Basisdaten Biokraftstoffe. Stand: Januar 2005, FNR, Gülzow.
- Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. (FNR) (Hrsg.) (2005b): Biokraftstoffe. Pflanzen, Rohstoffe, Produkte. Gülzow.
- Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. (FNR) (Hrsg.) (2005c): Synthetische Biokraftstoffe. Techniken – Potenziale – Perspektiven. Schriftenreihe „Nachwachsende Rohstoffe“ Band 25, Landwirtschaftsverlag, Münster.
- Fachverband Biogas. www.biogas.org.
- FAOSTAT data, 2005.
- Frondel, Manuel, Jörg Peters (2005): Biodiesel: Nicht nur eitel Sonnenschein. RWI: Positionen, #4 vom 1. Dezember 2005, Rheinisch-Westfälisches Institut für Wirtschaftsforschung, Essen.
- Gibgas. Fahren mit Erdgas. www.gibgas.de.
- Gärtner, Sven O., Guido A. Reinhardt (2003): Erweiterung der Ökobilanz für RME. Gutachten erstellt im Auftrag der Union zur Förderung von Oel- und Proteinpflanzen e.V. ifeu, Mai 2003, Heidelberg.
- Henke, J.M.: Bioethanol – eine weltwirtschaftliche Perspektive. Erscheint in Zeitschrift für angewandte Umweltforschung (ZAU).
- Henke, J.M., G. Klepper, N. Schmitz (2005): Tax exemption for biofuels in Germany: Is bioethanol really an option for climate policy? ENERGY, 30 (14) 2617-2635.
- Hofmann, F., A. Plättner, S. Lulies, F. Scholwin (2005): Evaluierung der Möglichkeiten zur Einspeisung von Biogas in das Erdgasnetz. Endbericht. Insitut für Energetik und Umwelt. Forschungsvorhaben im Auftrag der Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. (FNR).
- HyWeb. Das Wasserstoff und Brennstoffzellen Informations-System. www.hyweb.de
- Institut für Energetik und Umwelt et al. (2006): Analyse und Bewertung der Nutzungsmöglichkeiten von Biomasse. Untersuchung im Auftrag von BGW und DVGW. Band 1: Gesamtergebnisse und Schlussfolgerungen (Wuppertal Institut). Endbericht. Wuppertal et al., 2006.
- IEA (2004): Biofuels for Transport – An International Perspective. International Energy Agency, Paris.
- Kavalov, Boyan (2004): Biofuel Potentials in the EU. Joint Research Centre European Commission, Institute for Prospective Technological Studies (ipts). Report EUR 21012 EN.
- KTBL (Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft) (2005): Faustzahlen für die Landwirtschaft. 13. Auflage, Darmstadt.
- KTBL (Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft) (2004): Betriebsplanung Landwirtschaft 2004/2005. Daten für die Betriebsplanung in der Landwirtschaft. 19. Auflage, Darmstadt.
- Lèbre La Rovere, Emilio (2004): The Brazilian Ethanol Program – Biofuels for Transport. [http://www.renewables2004.de/ppt/Presentation4-SessionIVB\(11-12.30h\)-LaRovere.pdf](http://www.renewables2004.de/ppt/Presentation4-SessionIVB(11-12.30h)-LaRovere.pdf).
- Leible, L., S. Kälber, G. Kappler (2005): Entwicklungen von Szenarien über die Bereitstellung von land- und forstwirtschaftlicher Biomasse in zwei baden-württembergischen Regionen zur Herstellung von synthetischen Kraftstoffen. Mengenszenarien zur Biomassebereitstellung. Studie im Auftrag der DaimlerChrysler AG. Abschlussbericht, Juni 2005. Erstellt durch: Forschungszentrum Karlsruhe GmbH, Institut für Technikfolgenabschätzung und Systemanalyse (ITAS).
- Linde AG. Geschäftsbereich Linde Gas (2005): Der sauberste Energieträger, den es je gab. Hydrogen Solutions von Linde Gas.
- Macedo, Isaias de Carvalho, Manoel Regis Lima Verde Leal, João Eduardo Azevedo Ramos da Silva (2004): Assessment of greenhouse gas emissions in the production and use of fuel ethanol in Brazil. Government of the State of São Paulo, Secretariat of the Environment.
- Mineralölwirtschaftsverband. www.mwv.de.

- National Hydrogen Association. www.hydrogenus.com.
- National Renewable Energy Laboratory. www.nrel.gov.
- Netzwerk regenerative Kraftstoffe. www.refuelnet.de.
- Odebrecht, Richella, Henning Tomforde (@Linde AG, Abteilung SUA) (2004): Fueling the Future. Preparing a Hydrogen Society. Diplomarbeit Fachhochschule Pforzheim, Hochschule für Gestaltung, Technik und Wirtschaft.
- Oil World. The Independent Forecasting Service for Oilseeds, Oils & Meals Providing Primary Information - Professional Analysis - Unbiased Opinion. www.oilworld.de.
- Pölz, Werner; Stefan Salchenegger (2005): Biogas im Verkehrssektor. Technische Möglichkeiten, Potenzial und Klimarelevanz. Umweltbundesamt, Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie. Berichte 283, Wien.
- Quirin, Markus., Sven O. Gärtner, Martin Pehnt, Guido A. Reinhardt (2004): CO₂-neutrale Wege zukünftiger Mobilität durch Biokraftstoffe. Eine Bestandsaufnahme. Endbericht. Ifeu, Union zur Förderung von Oel- und Proteinpflanzen (UFOP) und Forschungsvereinigung Verbrennungskraftmaschinen (FVV). Heidelberg, Mai 2004.
- Reijerkerk, C.J.J. (2001): Hydrogen Filling Stations Commercialisation. Final Project of C.J.J. Reijerkerk. University of Hertfordshire in conjunction with Fachhochschule Hamburg.
- Reinhardt, Guido, Sven Gärtner, Martin

- Pehnt (2005): Flächen- und Nutzungskonkurrenzen in der Biomassenutzung. In: Energiewirtschaftliche Tagesfragen, 55. Jg. (2005) Heft 6, 410-415.
- Rode, Michael, Carsten Schneider, Gerd Ketelhake, Dagmar Reißhauer (2005): Naturschutzverträgliche Erzeugung und Nutzung von Biomasse zur Wärme- und Stromgewinnung. Bundesamt für Naturschutz.
- Senn, T. (2003): Die Produktion von Bioethanol als Treibstoff unter dem Aspekt der Energie-, Kosten- und Ökobilanz. FVS Fachtagung 2003.
- Rechler, Georg (2004): Neue Fragestellungen bei der Einführungsstrategie einer Wasserstoffinfrastruktur. Diplomarbeit and der Fachhochschule München, Fachbereich Wirtschaftsingenieurwesen, in Zusammenarbeit mit der Firma Linde AG.
- Reith, J.H., R.H. Wijffels, H. Barten (eds.) (2003): Biomethane & Biohydrogen. Status and perspectives of biological methane and hydrogen production.
- Sao Paulo Sugarcane Agroindustry Union. www.unica.com.br.
- Sachverständigenrat für Umweltfragen (SRU) (2005): Umwelt und Straßenverkehr. Hohe Mobilität – Umweltverträglicher Verkehr. Sondergutachten, Juni 2005
- Schmitz, N. (Hrsg.) (2005): Innovationen bei der Bioethanolerzeugung und ihre Auswirkungen auf Energie- und Treibhausgasbilanzen. Neue Verfahren, Optimierungspotenziale, internationale Erfahrungen und Marktentwicklungen. Schriftenreihe „Nachwachsende Rohstoffe“,

- Band 26, Landwirtschaftsverlag, Münster.
- Schmitz, N. (Hrsg.) (2003): Bioethanol in Deutschland. Verwendung von Ethanol und Methanol aus nachwachsenden Rohstoffen im chemisch-technischen und im Kraftstoffsektor unter besonderer Berücksichtigung von Agraralkohol. Schriftenreihe „Nachwachsende Rohstoffe“, Band 21, Landwirtschaftsverlag, Münster.
- Solare Wasserstoffwirtschaft mit Biomasse. www.bio-wasserstoff.de/h2/index.
- Specht, Michael, Ulrich Zuberbühler, Andreas Bandi (2004): Kraftstoffe aus erneuerbaren Ressourcen – Potenziale, Herstellung, Perspektiven. Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung Baden-Württemberg (ZSW), Stuttgart. Siehe auch: www.refuelnet.de.
- Stotz, Kathrin, Edgar Remmele (2005): Daten und Fakten zur dezentralen Ölgewinnung in Deutschland. Berichte aus dem TFZ 3, Technologie und Förderzentrum im Kompetenzzentrum für Nachwachsende Rohstoffe, Straubing, Januar 2005.
- Schattauer, A., R. Wilfert (2003): Biogasgewinnung aus Gülle, organischen Abfällen und aus angebauter Biomasse – Eine technische, ökologische und ökonomische Analyse. Institut für Energetik und Umwelt gGmbH, Leipzig, Dezember 2003.
- Schöpe, Manfred, Günter Britschkat (2002): Gesamtwirtschaftliche Bewertung des Rapsanbaus zur Biodieselproduktion in Deutschland. Ifo Schnelldienst 6/2002.

- Institut für Wirtschaftsforschung, März 2002, München.
- Thrän, Daniela, Martin Kaltschmitt (2002): Stroh als biogener Festbrennstoff in Europa. Energiewirtschaftliche Tagesfragen 52. Jg., Heft 9.
- Union zur Förderung von Oel- und Proteinpflanzen e.V. www.ufop.de.
- United States Environmental Protection Agency (EPA) (2002): A Comprehensive Analysis of Biodiesel Impacts on Exhaust Emissions. Draft Technical Report. EPA420-P-02-001, October 2002.
- VIEWLS: Clear Views on Clean Fuels. www.viewls.org.
- Weitz, Michael (2003): Biokraftstoffe – Potenzial, Zukunftsszenarien und Herstellungsverfahren im wirtschaftlichen Vergleich. Diplomarbeit, Universität Kassel, Fachbereich Ökologische Agrarwissenschaften.
- Wolf, Joachim (2003): Die neuen Entwicklungen der Technik. Elemente der Wasserstoff-Infrastruktur von der Herstellung bis zum Tank. Handout zum Vortrag auf dem Medienforum Deutscher Wasserstofftag 2003.
- ZMP. Zentrale Markt- und Preisberichtsstelle für Erzeugnisse der Land-, Forst- und Ernährungswirtschaft GmbH. www.zmp.de.

6.4. Abkürzungsverzeichnis

atro	absolut trocken	GtL	Gas to Liquid
bspw.	beispielsweise	Ha	Hektar
B100, B5	Biodiesel. Die Ziffer gibt den jeweiligen Biodieselanteil an	HTU	Hydro Thermal Upgrading
BRA	Brasilien	H ₂	Wasserstoff (chem. Formel)
BtL	Biomass to Liquid	H ₂ O	Wasser (chemische Formel)
BZ	Brennstoffzelle	J.	Jahr
bzgl.	Bezüglich	k.A.	keine Angabe
bzw.	beziehungsweise	kg	Kilogramm
ca.	Circa	KWK	Kraft-Wärme-Kopplung
CNG	Compressed Natural Gas	l	Liter
CtL	Coal to Liquid	LPG	Liquified Petroleum/ Natural Gas
CO ₂	Kohlenstoffdioxid (chemische Formel)	m ³	Kubikmeter
CO ₂ ^e	Kohlenstoffdioxid- äquivalente	Mio.	Millionen
C ₂ H ₅ OH	Bioethanol (chem. Formel)	MJ	Mega Joule
DDGS	Distillers' Dried Grains with Solubles	Mrd.	Milliarden
DME	Dimethylether	MTBE	Methyl-Tertiär-Butyl-Ether
EEG	Erneuerbare-Energien- Gesetz	Nawaro	Nachwachsende Rohstoffe
ETBE	Ethyl-Tertiär-Butyl-Ether	O	Sauerstoff (chem. Formel)
etc.	et cetera	RME	Rapsmethylester
evtl.	eventuell	rP	reines Pflanzenöl
E5, E85	Bioethanol. Die Ziffer gibt den jeweiligen Bioethanolanteil an	S.	Seite
FAEE	Fetty Acid Ethyl Ester	t	Tonne
FAME	Fetty Acid Methyl Ester	TAEE	Tertiär Amyl Ethyl Ether
F&E	Forschung und Entwicklung	TAME	Tertiär Amyl Methyl Ether
FFVs	Flexible Fuel Vehicles	THG	Treibhausgas(e)
FNR	Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V.	u.a.	unter anderem
FT	Fischer-Tropsch	usw.	und so weiter
ggfs.	gegebenenfalls	UFOP	Union zur Förderung von Oel- und Proteinpflanzen
GJ	Giga Joule	v.a.	vor allem
		vgl.	vergleiche
		z.B.	zum Beispiel
		z.T.	zum Teil
		z.Z.	zur Zeit



Teil 2

Daten und Fakten zu Biokraftstoffen

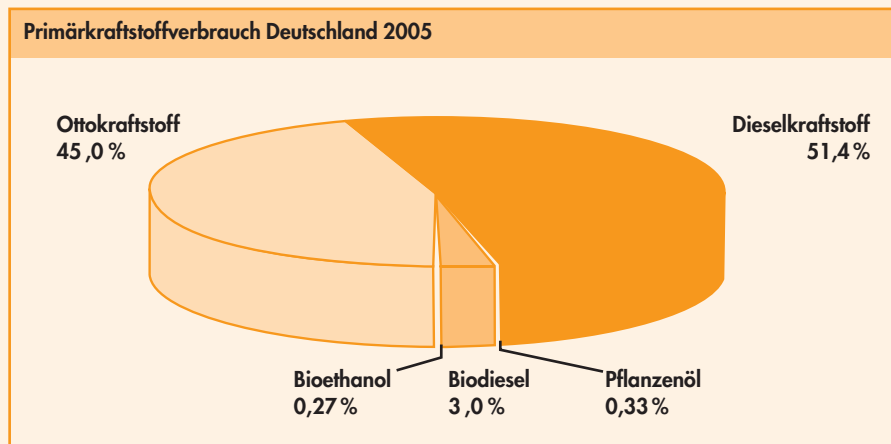
Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e. V. (FNR)

1. Allgemeine Kenngrößen Biokraftstoffe in Deutschland

1.1. Kraftstoffverbrauch

Tabelle 1: Primärkraftstoffverbrauch 2005 (vorläufige Zahlen BMF)

	Verbrauch [1.000 t]	Verbrauch [Mio. l]	Verbrauch Energieäquivalent [1.000 t]	Energieäquivalent [%]
Ottokraftstoff	23.435	30.836	23.435	45,0
Diesekraftstoff	26.766	31.864	26.766	51,4
Pflanzenöl	196	213	173	0,33
Biodiesel	1.800	2.045	1.564	3,0
Bioethanol	226	286	142	0,27
Gesamt	52.432	65.244	52.079	100,0

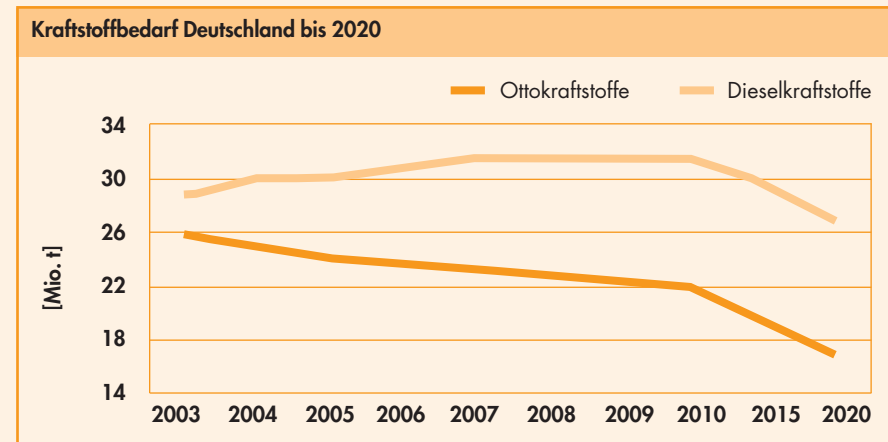


Aus der Tabelle 1 ergibt sich:

- Absatz Biokraftstoffe in 2005: 2,2 Mio. Tonnen
- Absatz Biokraftstoffe (Energieäquivalent) in 2005: 1,9 Mio. Tonnen
- Anteil biogener Kraftstoffe am Primärkraftstoffverbrauch (Energieäquivalent) in 2005: 3,6%

Tabelle 2: Kraftstoffbedarfsprognose Deutschland 2003 – 2020 in [Mio. t] (Quelle: MWV Ölprognose 2005)

	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2015	2020
Ottokraftstoffe	25,9	25,0	24,2	23,7	23,3	22,8	22,3	22,0	19,4	16,9
Diesekraftstoffe	28,7	29,9	30,2	30,8	31,3	31,4	31,4	31,3	29,6	26,9
Gesamt	54,6	54,9	54,4	54,5	54,6	54,2	53,7	53,3	49,0	43,8



1.2. Rohstoffe

Tabelle 3: Entwicklung Rohstoffträge (Quelle: Ernährungs- und Agrarpolitischer Bericht der Bundesregierung, FAOSTAT data, 2005, meó)

Rohstoffträge [t/ha]	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
Raps und Rübsen	3,4	3,6	3,3	3,7	3	2,9	4,1	3,8
Getreide insgesamt	6,3	6,7	6,5	7,1	6,3	5,8	7,4	6,7
Zuckerrüben	53,2	56,4	61,7	55,2	58,3	53,3	61,6	59,4
Zuckerrohr (BRA)	69,2	68,1	67,6	69,8	71,3	73,0	73,8	k.a.

Tabelle 4: Entwicklung Anbauflächen Winterraps in Deutschland (Quelle: Stat. Bundesamt/ UFOP)

	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
Anbauflächen 1.000 [ha]	1.150	1.046	1.116	1.276	1.218	1.267	1.323

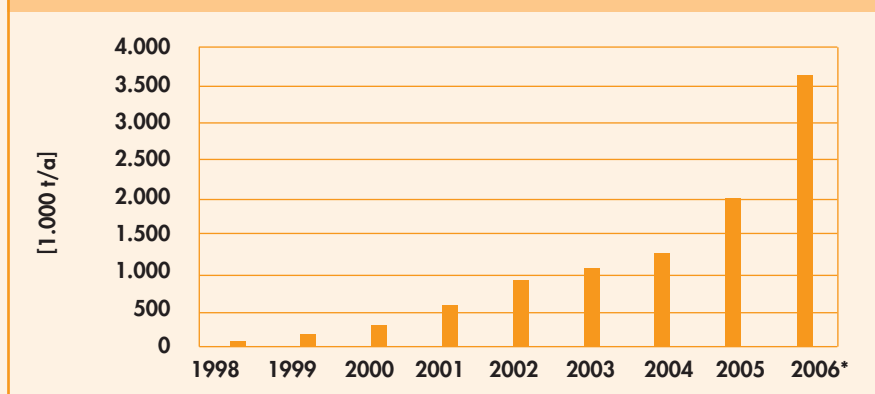
1.3. Produktionskapazitäten

Tabelle 5: Biodiesel Produktionskapazität [1.000 t/a] (Quelle: UFOP/AGQM)

	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
Produktionskapazität	100	175	290	531	874	1.050	1.237	1.973	3.603*

*bis Ende 2006

Entwicklung Produktionskapazität Biodiesel Deutschland



*bis Ende 2006

Biodieselanlagen in Deutschland Stand 2005: 30 Anlagen

Tabelle 6: Entwicklung dezentrale Ölmühlen (Quelle: TFZ/KTBL)

	Anzahl dez. Herstellungsanlagen Pflanzenöl		
	1999	2004	2005
Deutschland gesamt	79	219	264

Saatverarbeitungskapazität: bis zu 15.000 t/Jahr

Entwicklung dezentrale Ölmühlen

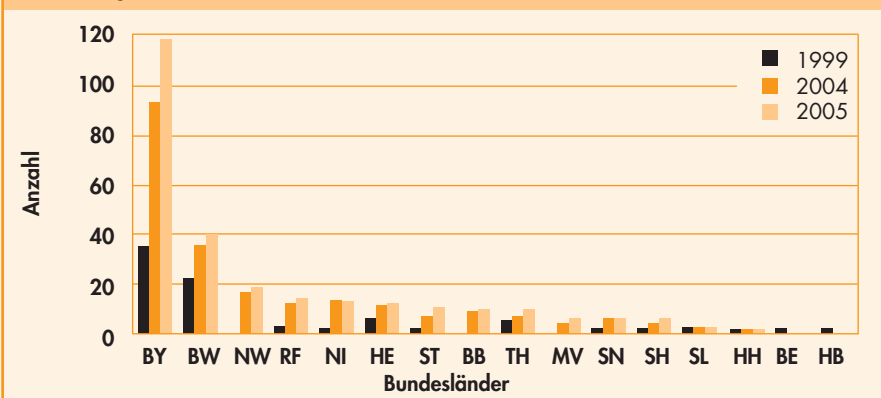


Tabelle 7: Standorte zentraler Ölmühlen (Quelle: Ps/St, Ernährungsdienst)

Unternehmen*	Ort	Verarbeitungskapazitäten pro Jahr Weichsaaten/Raps
ADM, Oelmühle Hamburg AG**	Hamburg	1,2 Mio. t (2,5 Mio. t Sojab.)
ADM	Spyck	750.000 t (875.000 t Sojab.)
ADM	Mainz	
Brökelmann	Hamm	325.000 t; Raps inkl. Sonnenbl. ab Frühjahr 2007; 550.000 t
Bunge**	Mannheim	1,1 Mio. t, Erweiterung auf 1,3 Mio. t geplant***
Cargill**	Mainz	600.000 t
Cargill	Salzgitter	650.000 t
Cargill	Riesa	350.000 t
Thywissen**	Neuss	670.000 t Raps, Leinsaat oder Sonnenblume
Sels**	Neuss	550.000 t***
HaGe	Kiel	160.000 t
Emerald Biodiesel	Neubrandenburg	120.000 t ab Ernte 2006
Emerald Ebeleben**	Ebeleben	160.000 t ab Januar 2007

Unternehmen*	Ort	Verarbeitungskapazitäten pro Jahr Weichsaaten/Raps
Ölmühle Wulff	Anklam	60.000 t ab Ernte 2006
Getreide AG	Rostock	500.000 t ab Ernte 2006***
Trede&von Pein	Itzehoe	75.000 t ab Ernte 2006
SARIA Bio-Industries GmbH**	Sternberg	150.000 t
Ecanol GmbH**	Lubmin	150.000 t (in Planung)
European Oil Products (EOP)**	Falkenhagen	80.000 t
BDK Kyritz**	Kyritz	80.000 t
Neckermann Renewables**	Piesteritz	550.000 t
Bio-Ölwerk Magdeburg GmbH**	Magdeburg	150.000 t
SARIA Bio-Industries GmbH**	Malchin	85.000 t
J.Stöfen GmbH & Co. Landhandel	Büsum	15.000 t im Bau zur Ernte 2006
Kartoffelverwertungsgesellschaft Cordes & Stoltenburg GmbH & Co.KG	Schleswig	15.000 t
TME**	Niederpölnitz	110.000 t
Ölmühle Greußen	Greußen SA	40.000 t
Ölmühle Wittingen	Wittingen	42.000 t
Campa**	Regensburg	600.000 t
Teutenburger Ölmühle	Ibbenbüren	10.000 t, geplant 30.000 t
BKK	Rudolstadt	11.000 t
RWG	Teistringgen	10.000 t
Kroppenstedter Pflanzenöl	Kroppenstedt	12.000 t
Rickermann	Herzlage	30.000 t

*Ölmühlen mit mehr als 10.000 t Jahreskapazität, alle Angaben ohne Gewähr und Anspruch auf Vollständigkeit

**Ölmühle in Kombination mit einer Biodieselanlage

***Raps und/oder Sojabohnen

Tabelle 8: Bioethanol Produktionskapazität

lfd. Nr.	Betreiber	Standort	Kapazität pro Jahr	Status
1	NBE Nordbrandenburgische Bio Energie GmbH & Co.KG	Schwedt	230.000 m ³	Betrieb
2	MBE Mitteldeutsche BioEnergie GmbH & Co.KG	Zörbig	100.000 m ³	Betrieb
3	Südzucker Bioethanol GmbH	Zeitz	260.000 m ³	Betrieb
4	KWST	Hannover	30.000 m ³	Betrieb
5	Prokon Nord	Papendorf	100.000 m ³	Planung
6	NAWARO Chemie GmbH	Rostock	100.000 m ³	Planung
7	Nordzucker AG	Klein Wanzleben	130.000 m ³	Planung

1.4. Produktion und Absatz

Tabelle 9: Entwicklung Biodiesel in Deutschland [1.000 t/a] (Quelle: VDB)

	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
Produktion	10	20	40	40	75	60	110	220	277	450	750	980	1.500
Absatz	10	25	45	60	100	65	130	340	450	550	810	1.050	1.800

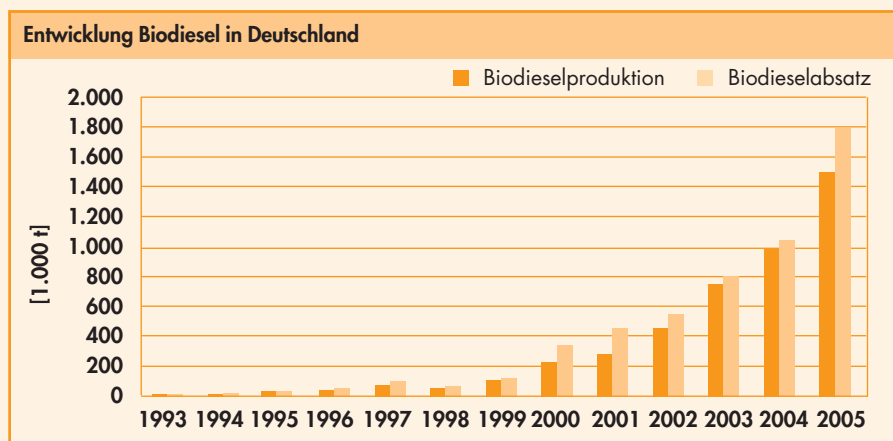


Tabelle 10: Entwicklung Biodieseltankstellen (Quelle: VDB)

	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
Biodieseltankstellen	424	725	820	820	969	1.300	1.600	1.700	1.800	1.900

Tabelle 11: Rapsverarbeitung in Deutschland in [Mio. t] (Quelle: Verband Deutscher Ölmühlen e. V., FNR)

	2002	2004	2005	2006
Verarbeitung Raps/Rübsen	4,5	4,9	5,5	6,8*

*Schätzung

Tabelle 12: Entwicklung Bioethanolproduktion [1.000 t/a] (Quelle: meó)

	2000	2001	2002	2003	2004
Produktion	285	295	275	280	270

Tabelle 13: Pflanzenölkraftstoff Entwicklung Absatz [1.000 t/a] (Quelle: EU Report 2004)

	2004	2005
Absatz	5	196*

*vorläufige Schätzung

Tankstellen:

■ derzeit mehr als 250 Tankstellen in Deutschland

Tabelle 14: Bioethanol Entwicklung Absatz [1.000 t/a] (Quelle: EU Report)

	2004	2005
Absatz	65	226*

*vorläufige Schätzung

Tankstellen:

- E85: zw. 7 – 9 Tankstellen
- E50: zw. 8 – 10 Tankstellen

1.5. Marktpreise

Tabelle 15: Biodiesel Preisentwicklung Großhandels- und Tankstellenpreise (Quelle: UFOP)

	Jun 05	Jul 05	Aug 05	Sep 05	Okt 05	Nov 05	Dez 05	Jan 06
Biodiesel Verkauf [Cent/l]	64,63	65,59	68,10	k.a.	80,89	81,58	69,14	77,78
Biodiesel Tankstelle [Cent/l]	94,58	96,40	96,89	98,90	102,90	102,49	89,46	101,37

Tabelle 16: Rapsöl Preisentwicklung Großhandelspreise (Quelle: UFOP)

	Jun 05	Jul 05	Aug 05	Sep 05	Okt 05	Nov 05	Dez 05	Jan 06	Feb 06
Pflanzenöl [Euro/t]	535	525	532	528	568	637,5	605	525	594
Pflanzenöl [Cent/l]	58	57	58	57	62	69	66	57	65

Tabelle 17: Bioethanol-Preis

	2004/05		2005/06	
	Preis [Euro/l] †	Preis [Euro/l] energieäquivalent	Preis [Euro/l]	Preis [Euro/l] energieäquivalent
Bioethanol	0,42 – 0,47	0,65 – 0,72	0,50 – 0,58	0,77 – 0,89
E85	k.A.	k.A.	0,82 – 0,93	1,19 – 1,39

1.6. Herstellungskosten

Tabelle 18: Herstellungskosten für Biokraftstoffe in Deutschland (Quelle: meó)

	Herstellungskosten [Euro/l]	Kraftstoff-äquivalente [Euro/l]	Herstellungskosten [Euro/GJ]
Biodiesel aus Raps	0,63	0,69	19,03
Rapsöl	0,49	0,51	14,17
Bioethanol			
Getreide	0,47	0,72	21,97
Zuckerrüben	0,57	0,88	27,00
Zuckerrohr (BRA)	0,22	0,34	10,39
Lignozellulose	0,64	0,98	30,00
BtL	1,00	1,03	29,90
Biomethan (Biogas)	1,04*	0,74	20,83

*[Euro/kg]

1.7. Break-Even-Point biogener Kraftstoffe

Grundbetrachtung: Bei Rohölkosten von 50 \$/Barrel ergeben sich Kraftstoffkosten von:

- Ottokraftstoff: 0,27 EUR/l
- Dieselmotorkraftstoff: 0,32 EUR/l

Tabelle 19: Break-Even-Point biogener Kraftstoffe (Quelle: meó Consulting Team)

	Biodiesel (Raps)	Rapsöl	Bioethanol (Getreide)	Bioethanol (Zuckerrohr) BRA	BtL	Biomethan
Kraftstoff- äquivalente	0,91	0,96	0,65	0,65	0,97	1,40
Euro/l Kraftstoff- äquivalente	0,69	0,51	0,72	0,31	1,03	0,74
Kostendifferenz Biotkraftstoffe – fossil (Euro)	0,37	0,19	0,51	-0,10	0,70	0,44
Break-Even-Point bei Rohölkosten von [US \$/barrel]	75 – 80	75 – 80	90	90	155 – 160	120

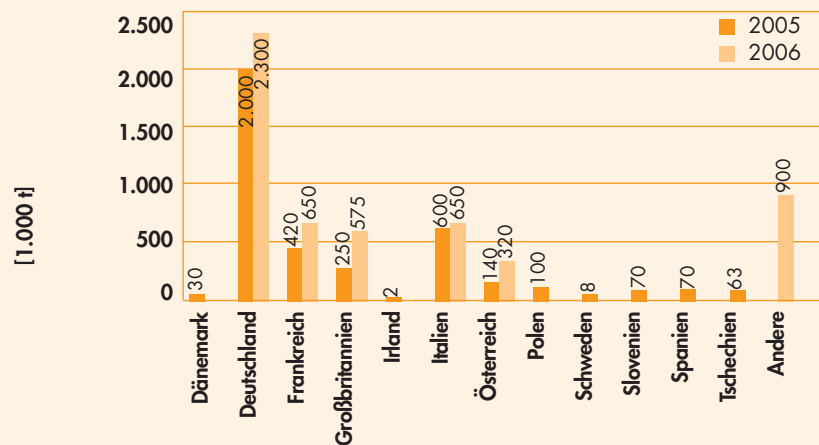
Zu beachten ist, dass der Rohölpreis 2005 mit 54 \$/barrel etwas über den zugrunde liegenden Preisen lag. Zudem sind nur die reinen Herstellungskosten betrachtet, da dadurch eine lineare Entwicklung darstellbar ist. Unterschiedliche Notierungen und andere Markteinflüsse wurden daher nicht berücksichtigt.

2. Allgemeine Kenngrößen Biokraftstoffe EU 25

Tabelle 1: EU-Mengenziele (Quelle: EU Kommission, Stand 02/2006, Deutschland: FNR, 2006)

EU Mitgliedsstaat	Biokraftstoffanteil %		
	Marktanteil 2003	Nationales Ziel 2005	erzielte Steigerung 2003 – 2005
Belgien	0	2	2
Dänemark	0	0	0
Deutschland	1,18	2	0,82
Estland	0	k.a.	k.a.
Finnland	0,1	0,1	0
Frankreich	0,68	2	1,32
Griechenland	0	0,7	0,7
Großbritannien	0,03	0,3	0,27
Irland	0	0,06	0,06
Italien	0,5	1	0,5
Lettland	0,21	2	1,79
Litauen	0	2	2
Luxemburg	0	k.a.	k.a.
Malta	0	0,3	0,3
Niederlande	0,03	2 (2006)	0
Österreich	0,06	2,5	2,44
Polen	0,45	0,5	0,01
Portugal	0	2	2
Schweden	1,33	3	1,67
Slowakei	0,14	2	1,86
Slovenien	0	k.a.	k.a.
Spanien	0,76	2	1,24
Tschechien	1,12	3,7 (2006)	1,72
Ungarn	0	0,4 – 0,6	0,4 – 0,6
Zypern	0	1	1
EU 25	0,6	1,4	0,8

Produktionskapazität Biodiesel EU 25



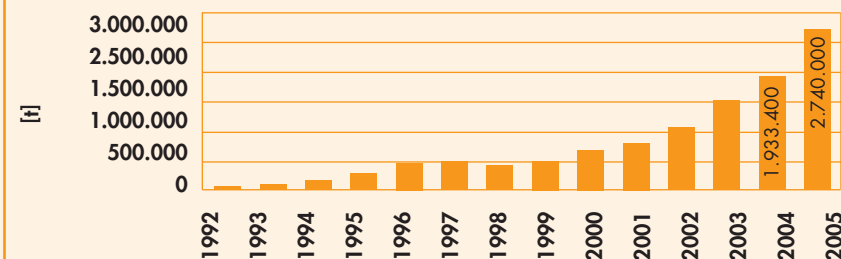
Quelle: Jahr 2005: UFOP; Jahr 2006: Raps 1/2006 (24. Jg) S. 59, Hrsg. Verlag Th. Mann GmbH & Co. Kg

Tabelle 2: Biodieselproduktion in den EU 25, in t (Quelle: Europäischer Biodieselverband, European Biodiesel Board (EBB), 06/EurObserver 05)

Land	2002	2003	2004
Österreich	25.000	32.000	57.000
Belgien	k.a.	k.a.	k.a.
Zypern	k.a.	k.a.	k.a.
Tschechien	69.000	70.000	60.000
Dänemark	10.000	41.000	70.000
Estland	k.a.	k.a.	k.a.
Finland	k.a.	k.a.	k.a.
Frankreich	366.000	357.000	348.000
Deutschland	450.000	715.000	1.035.000
Griechenland	k.a.	k.a.	k.a.
Ungarn	k.a.	k.a.	k.a.
Irland	k.a.	k.a.	k.a.
Italien	210.000	273.000	320.000

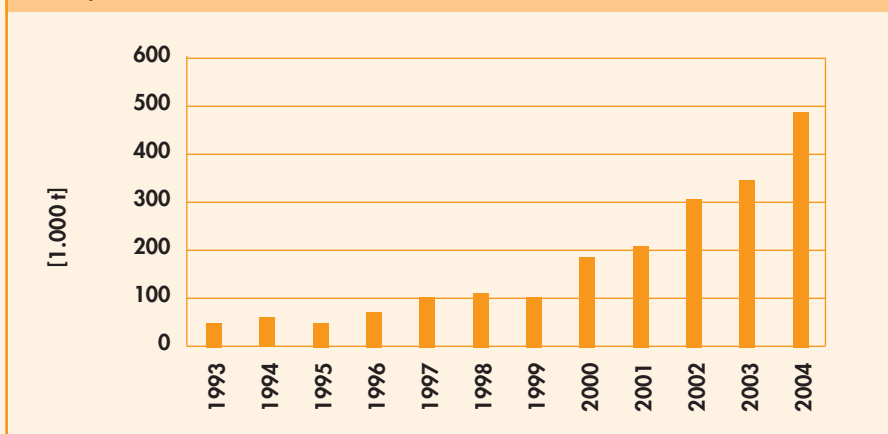
Land	2002	2003	2004
Lettland	k.a.	k.a.	k.a.
Litauen	k.a.	0	5.000
Malta	k.a.	k.a.	k.a.
Polen	k.a.	k.a.	k.a.
Portugal	k.a.	k.a.	k.a.
Slowakei	k.a.	0	15.000
Slovenien	k.a.	k.a.	k.a.
Niederlande	k.a.	k.a.	k.a.
Großbritannien	3.000	9.000	9.000
Spanien	0	6.000	13.000
Schweden	1.000	1.000	1.400
EU 25	134.000	1.504.000	1.933.400

Biodieselproduktion EU 25



Quelle: 1992 – 1993: Europäischer Biodieselverband, European Biodiesel Board (EBB), 06/EurObserver 05; 2005: D. Evers, 05 (VDB)

Ethanolproduktion EU 25



Quelle: Europäischer Biodieselverband, European Biodiesel Board (EBB), 06/EurOberserver 05

Tabelle 3: Ethanolproduktion in den EU Mitgliedsstaaten (Quelle: EurOberserver, UEPA 2005)

Produktion	2002	2002	2003	2003	2004	2004
	Ethanol [t]	ETBE [t]	Ethanol [t]	ETBE [t]	Ethanol [t]	ETBE [t]
Spanien	176.700	376.000	160.000	340.800	194.000	413.200
Frankreich	90.500	192.500	82.000	164.250	102.000	170.600
Schweden	50.000	0	52.000	0	52.000	0
Polen	66.000	k.a.	60.430	67.000	35.840	k.a.
Tschechien	5.000	k.a.	k.a.	k.a.	k.a.	k.a.
Deutschland	k.a.	k.a.	0	0	20.000	42.500
Ethanol	k.a.	k.a.	70.320	k.a.	87.200	k.a.
Verkauf						
Total	388.200	568.500	424.750	572.050	491.040	626.300

Tabelle 4: Kraftstoffverbrauch in den EU Mitgliedsstaaten 2004, in t (Quelle: EU-Commission-Country Reports 2004/2005)

Land	Diesel	Ottokraftstoff	Ethanol	Biodiesel
Belgien	6.415.455	2.009.301	0	0
Dänemark	1.870.000	1.950.000	0	0
Deutschland	28.605.000	23.470.000	210.000	1.800.000
Estland	592.000	306.000	0	0
Finnland	1.940.758	1.383.054	k.a.	40.000
Frankreich	30.778.629	8.520.810	80.887	323.720
Griechenland	195.000	3.492.000	0	0
Großbritannien	20.400.000	18.000.000	0	18.000
Irland	2.000.140	1.618.389	k.a.	0
Italien	k.a.	k.a.	k.a.	k.a.
Lettland	k.a.	k.a.	k.a.	k.a.
Litauen	622.500	341.000	2.000	2.000
Luxemburg	k.a.	k.a.	k.a.	k.a.
Malta	81.855	66.675	0	0
Niederlande	5.814.000	4.184.250	0	4.000
Österreich	5.935.601	2.133.317	0	5.000
Polen	3.886.000	3.953.000	38.000	0
Portugal	5.129.358	2.004.096	0	0
Schweden	5.936.000	2.133.000	200.000	9.000
Slovakei	1.020.000	740.000	0	4.000
Slovenien	630.000	700.000	0	1.000
Spanien	20.770.000	8.041.000	152.000	65.810
Tschechien	3.487.260	2.267.500	47.000	0
Ungarn	1.708.582	1.708.582	0	0
Zypern	322.443	314.203	0	0
EU gesamt	148.140.581	89.336.177	520.097	2.274.104

Tabelle 5: Mineralölsteuer und Mehrwertsteuer in den EU Mitgliedsstaaten

(Quelle: Mineralstoffwirtschaftsverband, 2005)

	Mineralölsteuer		Mehrwertsteuer
	Diesel	Ottokraftstoff	[%]
	[EUR/1.000 l]		
Belgien	340,41	574,19	21
Dänemark	366,61	541,18	25
Deutschland	470,40	654,50	16
Estland	245,42	287,60	18
Finnland	346,81	597,32	22
Frankreich	416,90	589,20	19,6
Griechenland	245,00	296,00	18
Großbritannien	675,37	675,37	17,5
Irland	368,06	442,68	21
Italien	413,00	564,00	20
Lettland	212,64	250,00	18
Litauen	245,89	288,17	18
Luxemburg	265,35	442,08	15
Malta	243,64	307,44	18
Niederlande	380,40	664,90	19
Österreich	325,00	445,00	20
Polen	296,50	410,31	22
Portugal	308,29	522,60	19
Schweden	401,65	546,56	25
Slowakei	383,23	409,66	19
Slowenien	308,04	366,50	20
Spanien	293,86	395,69	16
Tschechien	335,98	399,80	19
Ungarn	359,02	434,62	25
Zypern	245,66	300,29	15

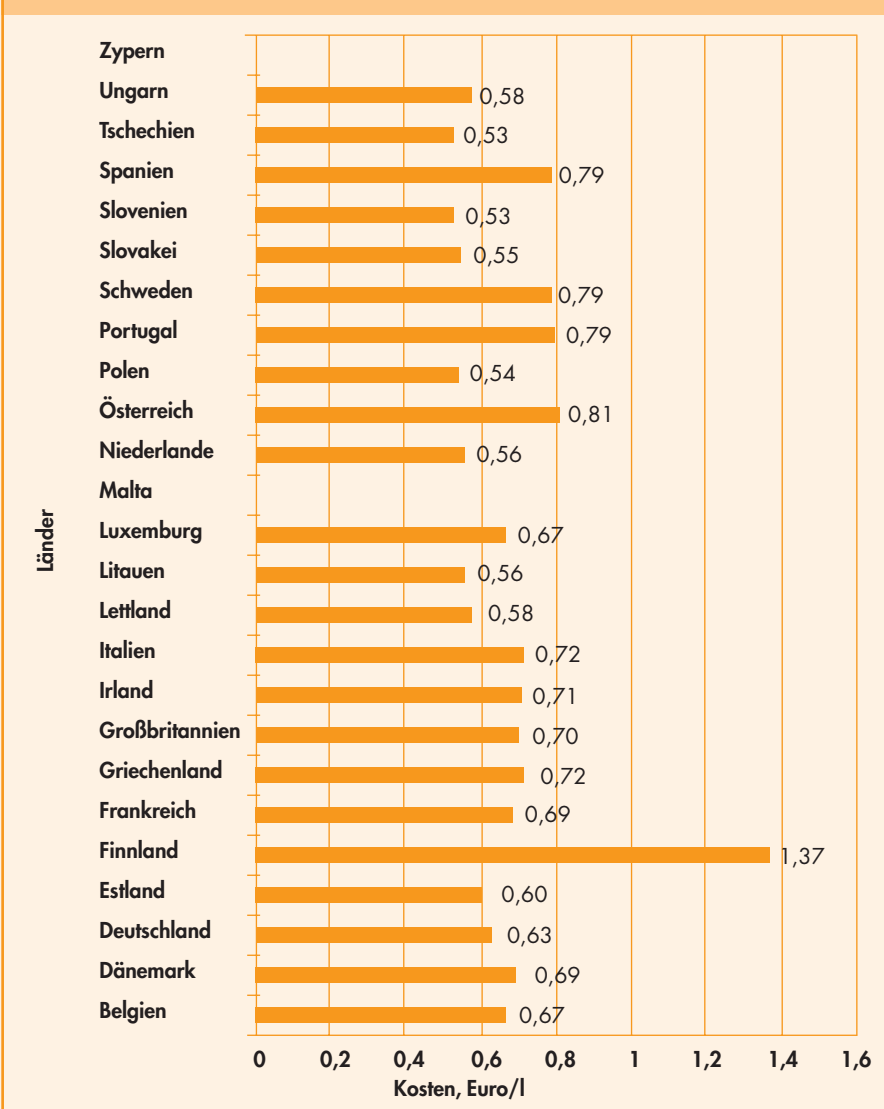
Tabelle 6: Mineralölsteuerreduktion für Ethanol (Quelle: F.O. Lichts (2004) in IEA Recent biofuels and future directions, 2004)

Land	Mineralölsteuerreduktion für Ethanol (Euro/1.000 l)
Finnland	300
Frankreich	370
Deutschland	650
Italien	230
Spanien	420
Schweden	520
Großbritannien	290

Tabelle 7: Produktionskosten (Quelle: IEA Biofuels 2004, Schmitz 2006, EU-Kommission 2005, USDA, Gain report – E35058)

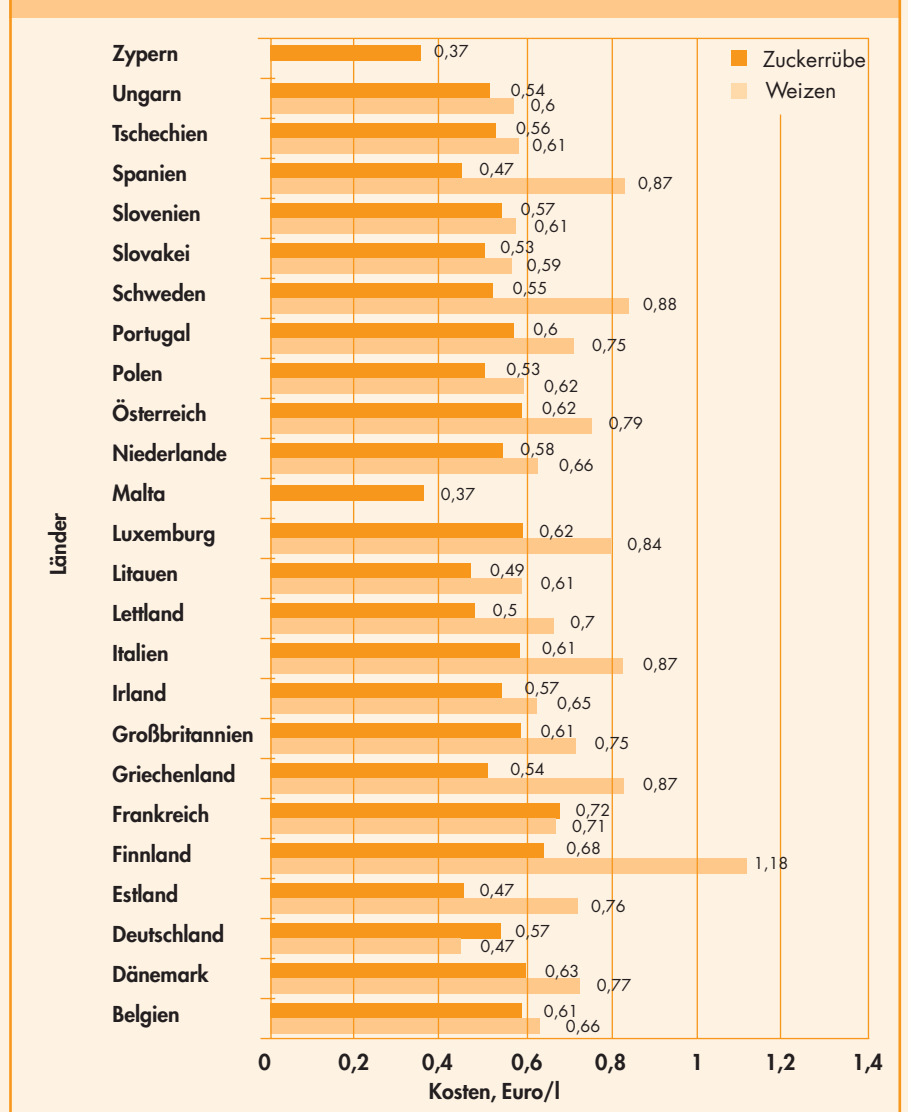
Produktionskosten [EUR/l]	Ethanol	Biodiesel	Pflanzenöl
EU	0,35 – 0,80	0,53 – 1,37	k.a.
Deutschland	0,47 – 0,64	0,63	0,49
USA [\$/l]	0,29	k.a.	k.a.
Brasilien [\$/l]	0,20 – 0,25	k.a.	k.a.
Weltmarkt	0,25 – 0,35	k.a.	k.a.

Produktionskosten Biodiesel EU 25



Quelle: USDA, Gain report – E35058, 2005; Deutschland: IE-Studie: S. 207 (8 Cent/kwh)

Produktionskosten Bioethanol EU 25



Quelle: USDA, Gain report – E35058, 2005; Deutschland: IE-Studie: S. 207 (8 Cent/kwh)

3. Übersicht über die Besteuerung und Beimischung von Biokraftstoffen in ausgewählten EU-Mitgliedsstaaten

<p>Italien:</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Begünstigt sind Kraftstoffe pflanzlichen Ursprungs (Biodiesel, Bioethanol, ETBE, Additive aus Biomasse). ■ Höhe der Begünstigung: Biodiesel ist vollständig steuerbefreit, für Bioethanol und ETBE gilt ein reduzierter Steuersatz von 0,281 und 0,28673 Euro/l, ggü einem Satz von 0,541 Euro/l für Benzin, also in Höhe von 0,26 und 0,25427 Euro/l begünstigt. ■ Die reguläre Verbrauchssteuer für Ottokraftstoff beträgt 0,54 Euro pro Liter. Wird Ethanol für die Herstellung von ETBE verwendet, beträgt die steuerliche Förderung 0,53 Euro/l. ■ Kontingentierung der Begünstigung auf jährlich 200.000 t Biodiesel (2001 – 2004 noch 300.000 t pro Jahr) und max. 12.911.000 Euro Mineralölsteuermindereinnahmen für Bioethanol und ETBE ■ Die Begünstigung gilt für Biokraftstoffe in Reinform genauso wie anteilmäßig für die Beimischungen. ■ Biodiesel wird als sog. B7 vermarktet (Biodieselanteil in Diesel: 7%).
<p>Belgien:</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ 100 % für reine Biokraftstoffe, verringerte Verbrauchersteuer für Diesel mit mind. 2,45 % Biodiesel und Benzin mit mind. 7 % Bioethanol in Reinform oder in ETBE
<p>Finnland:</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Derzeit keine Steuerbegünstigungen für Biokraftstoffe (Steuerbefreiung nur für LPG, „Natural gas“ und Biogas) in der Vergangenheit wurden Pilotprojekte zum Bioethanol gefördert. ■ Es wird über die grundsätzliche Frage diskutiert, ob man Biokraftstoffe fördern will, da Finnland aufgrund klimatischer Bedingungen keinen effektiven Raps- oder Getreideanbau betreiben kann. Das im Überfluss vorhandene Holz wird in großem Maße zum Verheizen eingesetzt.
<p>Irland:</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Steuerbefreiung für Biokraftstoffe im Rahmen ausgewählter Pilotprojekte

<ul style="list-style-type: none"> ■ Maximal 6 Mio. Liter reines Pflanzenöl, 1 Mio. Liter Biodiesel als Beimischung im Rahmen der DIN 590, 1 Mio. Liter Bioethanol als Beimischung zu Benzin zum Betrieb in normalen Benzinmotoren
<p>England:</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Um 20 Pence ermäßigte Steuersätze für Biodiesel und Bioethanol, jeweils von 47,1 Pence/Liter auf 27,1 Pence/Liter ■ Über einen Beimischungszwang wird derzeit nachgedacht ■ Biodiesel als B5 mit fossilem Diesel beigemischt ■ Die Befreiung ist ab 2005 für 3 Jahre garantiert
<p>Spanien:</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Vollständige Steuerbefreiung für Biokraftstoffe sowohl als Reinkraftstoff als auch für Beimischungen.
<p>Niederlande:</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ In den Niederlanden existiert derzeit erst ein Arbeitsentwurf, die Übersendung erfolgte mit der Bitte diesen vertraulich zu behandeln ■ Angedacht ist eine Steuerbefreiung für Biokraftstoffbeimischungen bis max. 2 % ■ Die Verwendung als Reinkraftstoff wird ausschließlich bei bestimmten Projekten gefördert werden ■ Die Begrenzung auf max. 2 % sowie einzelne Projekte erfolgt aus Kostengründen
<p>Frankreich:</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Ab 2005 wurde ein sog. „Bonus-Malus“ System eingeführt, es besteht ein steuerlicher Anreiz von 0,33 Euro/Liter Biodiesel und 0,37 Euro/Liter Bioethanol bei gleichzeitiger „Strafsteuer“ für Unternehmen die nicht eine Mindestmenge an Kraftstoffen in Umlauf bringen. ■ Verzicht der Mineralölwirtschaft auf die Beimischung, werden Strafsteuern fällig. ■ Die Höhe der Strafsteuer soll ca. 0,60 Euro/Liter betragen. ■ Pflanzenöl als Treibstoff ist komplett von der Mineralölsteuer befreit ■ Gefördert werden Bioethanol und Biodiesel bei gleichzeitiger Kontingentierung der zu fördernden Menge: ■ Kontingentierung für Biokraftstoff 2004: 498.502,5 t ■ Laut Biokraftstoffplan, vom 18. Mai 2005 werden in der 1. Phase (2005 – 2009) folgende



Mengen festgelegt:

- Biodiesel: 599.000 t
- ETBE: 40.000 t
- Ethanol: 275.000 t
- In der 2. Phase (2008 – 2013) legt der Biokraftstoffplan (19. Mai 2005) folgende Mengen fest:
 - Biodiesel: 700.000 t
 - Ethanol: 250.000 t
- für 2006 ist die Produktionskapazität auf 984.000 t festgelegt worden, davon 677.000 t Biodiesel und 307.000 t Bioethanol

Österreich:

- Es besteht eine Steuerbefreiung für Biokraftstoffe in Reinform sowie eine Steuerbegünstigung für biogene Beimischungen von mindestens 4,4 %. Bei Dieselmotoren seit Oktober 2005 wird der Steuersatz reduziert auf 297 Euro je 1.000 Liter (gegenüber Normalsatz 325 Euro). Bei Benzin wird ab Oktober 2007 für die entsprechende Beimischung (4,4 vol % Ethanolanteil) der Steuersatz reduziert auf 412 Euro je 1.000 Liter (Normalsatz 445 Euro).
- Gleichzeitig besteht eine sog. „Substitutionsverpflichtung“, d.h. ab dem 1. Oktober 2005 muss jeder Mineralölsteuerpflichtige mind. einen Anteil von 2,5 % Biokraftstoffe, gemessen am gesamten Energiegehalt seiner in Verkehr gebrachten Mineralöle, erreichen. Ab dem 1. Oktober 2007 erhöht sich der Pflichtanteil auf 4,3 % und ab dem 1. Oktober 2008 auf 5,75 %.
- Überwacht und ggf. sanktioniert wird die Einhaltung der Substitutionsverpflichtung vom Umweltministerium, Mittel sind Bußgelder, keine Strafsteuern
- Zusätzliche Steuerbegünstigung für Kraftstoffe, die mind. 44 l (4,4 %) Biokraftstoffe in 1.000 l fossilen Kraftstoff enthalten (ab 1. Oktober 2005 für Diesel, ab 1. Oktober 2007 für Bioethanol)

Tschechien:

- Es besteht eine 31 % Steuerbefreiung für Gemische mit mind. 31 % Biodiesel
- Bioethanol wird nicht begünstigt

Schweden:

- Derzeit ist die einzige gesetzliche Regelung ein Paragraph, welcher Steuerbefreiungen für Pilotprojekte erlaubt. Dies wird extensiv genutzt, so dass für sämtliche Biokraftstoffe die Steuerbefreiung gewährt wird.
- Im Gesetzesentwurf, der im Herbst in Kraft treten soll, wird – wie in der deutschen Regelung

– nur unvergällter Bioethanol begünstigt werden.

- Während Steuern für umweltschädigendes Verhalten (road tax; petrol tax) steigen, sinken im gleichen Maße die „labour tax“ Euro Indirekte Förderung der Biokraftstoffe

Dänemark

- derzeit keine Steuerbegünstigung für Kraftstoffe, Dänemark ist der Auffassung dass diese Förderung zu teuer im Verhältnis zu den eingesparten CO₂-Mengen ist und möchte Biokraftstoffe auch in Zukunft nicht fördern.

Luxemburg:

- derzeit keine Steuerbegünstigung für Kraftstoffe

Malta:

- derzeit keine Steuerbegünstigung für Kraftstoffe

Slowenien:

- Reine Biokraftstoffe sind steuerbefreit

Portugal:

- Steuerbefreiung nach jährlich festgelegter Quotenregelung (2005: 1 % Biokraftstoffanteil am Kraftstoffverbrauch)

Slowakei:

- Reduzierte Verbrauchssteuer für:
 - Diesel mit 5 % vol. PME
 - Ester mit 5 % vol. Diesel
 - Benzin mit 15 % vol. ETBE

Zypern:

- derzeit keine Steuerbegünstigung für Kraftstoffe

Quelle: EU Kommission Länderberichte 2004/2005

