

Henke, Jan Michael; Klepper, Gernot; Netzel, Jens

Working Paper

Steuerbefreiung für Biokraftstoffe: Ist Bio-Ethanol wirklich eine klimapolitische Option?

Kiel Working Paper, No. 1136

Provided in Cooperation with:

Kiel Institute for the World Economy – Leibniz Center for Research on Global Economic Challenges

Suggested Citation: Henke, Jan Michael; Klepper, Gernot; Netzel, Jens (2002) : Steuerbefreiung für Biokraftstoffe: Ist Bio-Ethanol wirklich eine klimapolitische Option?, Kiel Working Paper, No. 1136, Kiel Institute for World Economics (IfW), Kiel

This Version is available at:

<https://hdl.handle.net/10419/2880>

Standard-Nutzungsbedingungen:

Die Dokumente auf EconStor dürfen zu eigenen wissenschaftlichen Zwecken und zum Privatgebrauch gespeichert und kopiert werden.

Sie dürfen die Dokumente nicht für öffentliche oder kommerzielle Zwecke vervielfältigen, öffentlich ausstellen, öffentlich zugänglich machen, vertreiben oder anderweitig nutzen.

Sofern die Verfasser die Dokumente unter Open-Content-Lizenzen (insbesondere CC-Lizenzen) zur Verfügung gestellt haben sollten, gelten abweichend von diesen Nutzungsbedingungen die in der dort genannten Lizenz gewährten Nutzungsrechte.

Terms of use:

Documents in EconStor may be saved and copied for your personal and scholarly purposes.

You are not to copy documents for public or commercial purposes, to exhibit the documents publicly, to make them publicly available on the internet, or to distribute or otherwise use the documents in public.

If the documents have been made available under an Open Content Licence (especially Creative Commons Licences), you may exercise further usage rights as specified in the indicated licence.

Institut für Weltwirtschaft

Düsternbrooker Weg 120
24105 Kiel

Kieler Arbeitspapier Nr. 1136

Steuerbefreiung für Biokraftstoffe:
Ist Bio-Ethanol wirklich eine klimapolitische Option?

von

Jan M. Henke, Gernot Klepper, Jens Netzel

November 2002

Für den Inhalt der Kieler Arbeitspapiere sind die jeweiligen Autorinnen und Autoren verantwortlich, nicht das Institut. Da es sich um Manuskripte in einer vorläufigen Fassung handelt, wird gebeten, sich mit Anregungen und Kritik direkt an die Autorinnen und Autoren zu wenden und etwaige Zitate mit ihnen abzustimmen.

Steuerbefreiung für Biokraftstoffe: Ist Bio-Ethanol wirklich eine klimapolitische Option?

Zusammenfassung:

Im Juni 2002 hat der Deutsche Bundestag die Befreiung sämtlicher Biokraftstoffe von der Mineralölsteuer beschlossen. Eine solche Förderung von Biokraftstoffen wird von der Politik durch positive Effekte auf die Klima-, Energie- und Agrarpolitik gerechtfertigt. Das Arbeitspapier analysiert am Beispiel Bio-Ethanol als Benzinsubstitut auf nationaler und internationaler Ebene die Rahmenbedingungen, unter denen die Förderung stattfindet. Gleichzeitig werden anhand von Energie- und Treibhausgasbilanzen die tatsächlichen Auswirkungen der Förderung und einer möglichen vermehrten Verwendung von Bio-Ethanol untersucht. Dabei zeigt sich, dass die Verwendung von Bio-Ethanol zur Reduktion von Treibhausgasemissionen ineffizient ist und günstigere klimapolitische Alternativen zur Verfügung stehen.

Abstract:

In June 2002 the German Parliament decided to exempt biofuels from the gasoline tax. The policy to promote biofuels is being justified by allegedly positive effects on the climate, energy, and agricultural policy. The working paper takes a closer look at bio-ethanol as a substitute for gasoline and analyzes the underlying basic national and international conditions that provide the setting for the promotion of biofuels. Using energy and green house gas balances, the actual effects of the support and a possible increased use of biofuels are examined. The results show that the use of bio-ethanol to reduce green house gas emissions is economically inefficient and that there are other preferred alternative strategies.

Schlagworte: Biokraftstoffe, Ethanol, Klimapolitik, Agrarpolitik, Mineralölsteuer, Energiebilanzen, Treibhausgasbilanzen.

JEL Klassifikation: D61, H23, Q25, Q42.

Jan Michael Henke

Institut für Weltwirtschaft
24100 Kiel

Telefon: 0431-8814-408

Fax: 0431-8814-502

E-mail: jm.henke@ifw.uni-kiel.de

Gernot Klepper

Institut für Weltwirtschaft
24100 Kiel

Telefon: 0431-8814-485

Fax: 0431-8814-522

E-mail: gklepper@ifw.uni-kiel.de

Jens Netzel

Institut für Weltwirtschaft
24100 Kiel

Telefon: 0431-8814-402

Fax: 0431-8814-502

E-mail: jensnetzel@ifw.uni-kiel.de

Inhalt

1. Einleitung	4
2. Ziele und Rahmenbedingungen der Steuerbefreiung von Biokraftstoffen	7
2.1 Klimapolitik	7
2.2 Energiepolitik	9
2.2.1 Das Ziel der Versorgungssicherheit	9
2.2.2 Eckpfeiler der Energiepolitik	10
2.2.3 Politikmaßnahmen	11
2.3 Agrarpolitik	13
2.3.1 Eckpfeiler der europäischen Agrarpolitik	13
2.3.2 Das Ziel der Unterstützung des Agrarsektors	16
2.3.3 Das deutsche Branntweinmonopol	17
2.4 Kein Schutz vor internationalem Wettbewerb	18
3. Der Beitrag von Bio-Ethanol zur Klimapolitik	20
3.1 Energiebilanzen für Ethanol	22
3.1.1 Energiebilanz für die Ethanolproduktion aus Weizen	25
3.1.2 Energiebilanz für die Ethanolproduktion aus Zuckerrüben	26
3.1.3 Nettoenergiebilanz für Ethanol	26
3.1.4 Gesamtwirtschaftliche Bewertung der Energiebilanzen	27
3.1.5 Fazit	29
3.2 Bio-Ethanol als klimapolitische Alternative?	29
3.2.1 Nettotreibhausgasbilanzen	30
3.2.2 Die CO ₂ -Vermeidungskosten von Bio-Ethanol	31
4. Zusammenfassung	34
Literatur	

1. Einleitung

Am 7. Juni dieses Jahres hat der Deutsche Bundestag im „Zweiten Gesetz zur Änderung des Mineralölsteuergesetzes“¹ die Befreiung sämtlicher Biokraftstoffe von der Mineralölsteuer, befristet bis zum 31. Dezember 2008 beschlossen. Vorgesehen ist eine zweijährliche Berichtsvorlage der Bundesregierung über die Markteinführung und die Entwicklung der Preise für Biomasse, Rohöl und Kraftstoffe, um gegebenenfalls Anpassungen an die Marktlage zu ermöglichen. Das Gesetz wird von den Koalitionsfraktionen als ein „bedeutender Beitrag für eine Politik ‚Weg vom Öl‘“ gesehen. Außerdem würden angeblich „günstige Rahmenbedingungen geschaffen, um der Landwirtschaft ein zusätzliches ökonomisches Standbein zu schaffen, die steigende Mengennachfrage nach biologischen Kraftstoffen zu befriedigen, den Herstellern die Voraussetzung für moderne technische Entwicklungen zu geben und CO₂-Emissionen auch in dem Sektor Verkehr zu mindern.“² „Rot-Grün schafft damit neue Perspektiven für eine zukunftsorientierte Landwirtschaft. Energie- und Agrarwende gehen gemeinsam auf dem Weg der Nachhaltigkeit.“³ Auch die CDU/CSU-Fraktion sieht in der „Schonung unserer Ressourcen und Schaffung neuer Arbeitsplätze im ländlichen Raum“⁴ das Hauptziel des Gesetzes.

Lediglich die FDP-Fraktion lehnte das Gesetz mit der Begründung ab, dass die Förderung von Biokraftstoffen unter umweltpolitischen Aspekten stark umstritten sei und unter fiskalischen Gesichtspunkten ein Desaster drohe. Sie befürchtet einen „neuen Dauersubventionstatbestand, da eine Wettbewerbsfähigkeit von Biokraftstoffen nicht absehbar ist.“⁵ Die durch das Gesetz verursachten

¹ Bundesgesetzblatt (2002).

² Vgl. Deutscher Bundestag (2002), zu Protokoll gegebene Rede des SPD-Bundestagsabgeordneten Reinhard Schultz.

³ Vgl. Deutscher Bundestag (2002), zu Protokoll gegebene Rede des Bündnis 90/Die Grünen-Bundestagsabgeordneten Dr. Reinhard Loske.

⁴ Vgl. Deutscher Bundestag (2002), zu Protokoll gegebene Rede des CDU-Bundestagsabgeordneten Norbert Schindler.

⁵ Vgl. Deutscher Bundestag (2002), zu Protokoll gegebene Rede des FDP-Bundestagsabgeordneten Gerhard Schüßler.

Mindereinnahmen aus der Mineralölsteuer werden zunächst auf 100 Millionen Euro im Jahr 2003 geschätzt, steigen bei zunehmender Verwendung von Biokraftstoffen aber auf 150 Millionen Euro im Jahr 2006 an. Die Befürworter des Gesetzes gehen jedoch davon aus, dass diese Mindereinnahmen von den vor allem für den ländlichen Raum prognostizierten Beschäftigungszuwächsen kompensiert werden.⁶

Auch die Europäische Kommission bringt in verschiedenen Stellungnahmen und Richtlinienvorschlägen zu einheitlichen Steuervergünstigungen und Beimischungszwängen ihren Willen zur verstärkten Förderung von Biokraftstoffen zum Ausdruck.

Die politischen Begründungen für die beschlossene Förderung von Biokraftstoffen durch die Steuerbefreiung beziehen sich vorwiegend auf den Klimaschutz und die Förderung der Landwirtschaft. Daneben wird auch noch die Versorgungssicherheit für Energieträger in Deutschland angeführt. Klimaschutzpolitik besteht heute aus einem großen Bündel an Maßnahmen, die zum Ziel haben, einerseits den Energieverbrauch effizienter zu gestalten, d.h. die Energieintensität der Volkswirtschaft zu senken, andererseits energieintensive Aktivitäten einzuschränken, und schließlich fossile Energieträger durch nicht-fossile Energiequellen zu ersetzen. Neben Wind-, Wasser- und Sonnenenergie bietet auch die Biomasse ein Energieangebot, das verstärkt genutzt werden kann.

Biomasse kann entweder durch den Anbau agrarischer Rohstoffe in der Landwirtschaft direkt erzeugt oder aus anfallenden Reststoffen der landwirtschaftlichen Produktion und Verarbeitung hergestellt werden. Dabei kann die produzierte oder anfallende Biomasse in unterschiedliche Energieformen konvertiert werden. Unter den verschiedenen Optionen der energetischen Nutzung von Biomasse bezieht sich die Steuerbefreiung für Biokraftstoffe auf eine spezielle Strategie, nämlich die Produktion von Agrargütern, die fossiles Benzin und

⁶ Wie sie zu diesen Erwartungen kommen, bleibt allerdings rätselhaft. Simulationsstudien kommen zu kaum messbaren Beschäftigungszuwächsen (meó-Consult 2002).

Diesel durch nicht-fossile Kraftstoffe ersetzen können. Beim Diesel handelt es sich dabei um Raps, dessen Öl als Rapsdiesel eingesetzt werden kann, beziehungsweise nach einer weiteren Verarbeitungsstufe als Rapsmethylester (RME) zum Dieselerersatzstoff wird. Benzin dagegen kann nur bis zu einem Volumenanteil von 10% durch Ethanol ersetzt werden. Für die Produktion von Ethanol kommen eine Reihe agrarischer Rohstoffe in Frage, von größter Bedeutung in Deutschland sind allerdings Zuckerrüben und Getreide.

Während der Einsatz von Rapsdiesel und RME schon vor einigen Jahren detailliert auf seine energie- und klimapolitischen Vor- bzw. Nachteile untersucht worden ist⁷, gibt es für Ethanol eine Vielzahl stark divergierender Bewertungen, die sich dadurch auszeichnen, dass sie zum einen schon relativ alt sind, sich zum anderen auf andere Länder beziehen und schließlich mit unterschiedlichen methodischen Ansätzen und Annahmen arbeiten.

In diesem Beitrag wird nur auf Ethanol als Substitut für Benzin eingegangen. Die grundsätzliche Frage soll dabei sein, ob sich die Strategie, Land zur Produktion von Grundstoffen für die Ethanolherstellung bereitzustellen, als eine gesamtwirtschaftlich sinnvolle Alternative ansehen lässt. Dabei wird der Schwerpunkt auf den klimapolitischen Aspekt gelegt, aber auch agrarpolitische Überlegungen müssen berücksichtigt werden. Es zeigt sich dabei, dass eine Vielzahl von Politikbereichen von der Steuerbefreiung für Biokraftstoffe betroffen sind. Dazu gehört neben der Klima-, Energie- und Agrarpolitik auch die Handelspolitik, da Ethanol ein international handelbares Gut ist, bei dessen Produktion Deutschland sicher keinen Wettbewerbsvorteil besitzt.

Deshalb werden im folgenden zunächst die Ziele und Rahmenbedingungen geschildert, unter denen die Förderung von Biokraftstoffen stattfindet. Danach wird eine ökonomische Bewertung der Bio-Ethanolförderung vorgenommen, indem zunächst die Energiebilanzen für Ethanol und andere Energieträger aus

⁷ Umweltbundesamt (1999).

Biomasse analysiert werden. Schließlich wird der Versuch unternommen, die Förderung von Ethanol unter gesamtwirtschaftlichen Aspekten zu bewerten.

2. Ziele und Rahmenbedingungen der Steuerbefreiung von Biokraftstoffen

Die Zitate aus der Einleitung deuten die mit dem Gesetz verfolgten Ziele der Einsparung von Treibhausgasen, der Versorgungssicherheit für Energie, der Förderung des ländlichen Raumes sowie der Schaffung von Einkommen und Beschäftigungsmöglichkeiten in der Landwirtschaft an. Auch die Europäische Kommission hält in ihrer Mitteilung über alternative Kraftstoffe für den Straßenverkehr fest: „Es besteht kein Zweifel daran, dass die Förderung der Nutzung von Biokraftstoffen in der EU auf politischer Ebene aus Gründen der nachhaltigen Entwicklung, der CO₂-Minderung, der Versorgungssicherheit und der zusätzlichen positiven Auswirkungen auf die ländliche Entwicklung und die Landwirtschaftspolitik gewünscht wird.“⁸ Die Möglichkeiten, diese Ziele durch die Förderung und eine vermehrte Nutzung von Biokraftstoffen zu erreichen gilt es genauer zu untersuchen. Es ist deshalb wichtig, auch die wirtschaftspolitischen und ordnungsrechtlichen Rahmenbedingungen, innerhalb derer die Förderung von Ethanol stattfindet zu beachten. Die Rahmenbedingungen bestehen aus der Klima- und Energiepolitik, aus der gemeinsamen EU-Handels- und Agrarpolitik, aus nationalen Marktordnungen und aus den GATT/WTO Richtlinien. Sie beeinflussen oder behindern die Vorteilhaftigkeit des Biokraftstoffes Ethanol.

2.1 Klimapolitik

Heute basiert der überwiegende Teil des Energieeinsatzes auf fossilen Brennstoffen, deren Verwendung erheblich zu den Treibhausgasemissionen beiträgt. Gerade im Verkehrssektor nehmen diese Emissionen immer noch zu. So sind die CO₂-Emissionen Deutschlands von 1990 bis 1999 im Bereich Gewerbe, Handel und Dienstleistungen um 36%, in der Industrie um 32%, im Bereich Energie-

⁸ Europäische Kommission (2001a).

umwandlung und –erzeugung um 19% und bei den privaten Haushalten um 4% zurückgegangen, im Verkehrssektor sind sie jedoch um 15% gestiegen.⁹ Der Verkehrssektor weist folglich die ungünstigste Entwicklung beim Energieverbrauch auf und stellt eine große Klimaschutzpolitische Herausforderung dar.

Angesichts der im Kyoto-Protokoll vereinbarten Ziele zur Reduktion des Ausstoßes der sechs im Protokoll genannten Treibhausgase muss die Europäische Union insgesamt bis zum Zeitraum 2008–2012 ihre Treibhausgasemissionen im Vergleich zu 1990 um 8 Prozent senken. Im Rahmen des nationalen Klimaschutzprogramms hat sich die Bundesregierung eine Minderung der Emission von Kohlendioxid bis 2005 gegenüber 1990 um 25% und eine Minderung der Emissionen der sechs Treibhausgase des Kyoto-Protokolls im Zeitraum 2008–2012 und im Rahmen der EU-Lastenverteilung um 21% (Basisjahr 1990) zum Ziel gesetzt.¹⁰ Zur Erreichung dieser Ziele ist eine verstärkte Substitution fossiler durch nachwachsende bzw. regenerative Energieträger vorgesehen. So sollen unter anderem im Kraftstoffbereich aus Biomasse hergestellte Biokraftstoffe fossile Brennstoffe ersetzen.

Unter klimapolitischen Gesichtspunkten wären die gesamten europäischen und deutschen Fördermaßnahmen für Biokraftstoffe dahingehend zu überprüfen, ob einerseits durch ihre Produktion auf der Basis von Energiepflanzen ein signifikanter Beitrag zum Ziel der Reduktion von CO₂-Emissionen geleistet werden kann, und ob andererseits mit den europäischen Fördervorhaben und der deutschen Steuerbefreiung eine gesamtwirtschaftlich effiziente Vermeidungsstrategie gewählt wird. Dazu muss die Herstellung von Biokraftstoffen mit anderen, möglicherweise günstigeren Optionen der Treibhausgasvermeidung, auch außerhalb des Kraftstoffsektors, verglichen werden (siehe Kapitel 3).

⁹ Vgl. Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (2001).

¹⁰ Vgl. Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (2000).

2.2 Energiepolitik

2.2.1 Das Ziel der Versorgungssicherheit

Sowohl Deutschland als auch die EU insgesamt sind, da die heimische Produktion nicht ausreicht, bei der Energieversorgung in erheblichem Maße auf Importe angewiesen. Dies gilt besonders beim Rohöl, wo die Importabhängigkeit der EU über 70% beträgt und weiter steigt.¹¹ Daher soll die starke Abhängigkeit von den erdölexportierenden Ländern, von den weltweiten Ölpreisen und von fossilen Energien durch den vermehrten Einsatz regenerativer Energien und einer vielseitigeren Energieträgermatrix gemindert werden. Biokraftstoffe sind, wenn sie auf in der EU angebauten Kulturen beruhen, zu nahezu 100% einheimischen Ursprungs und können so einen Beitrag zur Energieversorgungssicherheit und zur Reduzierung von Importrisiken leisten. Gleichzeitig soll die Nutzung von Biokraftstoffen zur Schonung der energetischen Ressourcen führen.

Der Beitrag, den eine verstärkte Verwendung von Biokraftstoffen für die Versorgungssicherheit leisten kann, ist aber außerordentlich gering, da die für die Herstellung von Biomasse zur Verfügung stehenden Anbauflächen begrenzt sind. Die Kommission geht in ihrer Mitteilung davon aus, dass Biomasse maximal 8% des derzeitigen Kraftstoffverbrauchs im Straßenverkehr ersetzen kann. Dazu müssten allerdings 10% der gesamten Anbaufläche der EU für die Herstellung von Biomasse für Kraftstoffe verwendet werden.¹² Dies wäre allerdings nicht gerechtfertigt, da das energiepolitische Ziel der Wirtschaftlichkeit, das eine effiziente Bereitstellung und Nutzung von Energie und die Verwendung von bezüglich ihrer Kosten wettbewerbsfähigen Energieträgern vorschreibt, verletzt würde. In Deutschland machen Kraftstoffe etwa 30% des Endenergieverbrauchs aus. Damit könnten durch Biokraftstoffe maximal 2,4% des Endenergieverbrauchs gedeckt werden, ein nur sehr kleiner Beitrag zur Versorgungssicher-

¹¹ Vgl. Europäische Kommission (2000b).

¹² Europäische Kommission (2001a).

heit. Der Aspekt der Versorgungssicherheit wird im folgenden nicht weiter analysiert, da er nach unserer Ansicht kein besonders stichhaltiges Argument zur Begründung der Förderung von Biokraftstoffen ist, insbesondere wenn man die energiepolitischen Aspekte betrachtet, die noch dargestellt werden.

2.2.2 Eckpfeiler der Energiepolitik

Konkrete Ziele der europäischen Energiepolitik bezüglich erneuerbarer Energien nennt das Weißbuch der Kommission von 1997.¹³ Der Anteil erneuerbarer Energieträger am Energieverbrauch der EU soll sich demnach von 6% 1997 auf 12% bis 2010 verdoppeln. Das Grünbuch der Kommission „Hin zu einer europäischen Strategie für Energieversorgungssicherheit“¹⁴ vom November 2000 legt außerdem das Ziel fest, bis zum Jahr 2020 20% der herkömmlichen Kraftstoffe durch alternative Kraftstoffe zu ersetzen. Eine Verdopplung des deutschen Anteils im Zeitraum von 2000 bis 2010 strebt die Bundesregierung in ihrem nationalen Klimaschutzprogramm an.¹⁵

Die gesamte Energiepolitik bewegt sich jedoch in einem über diesen einseitigen Aspekt hinausgehenden Zieldreieck, bestehend aus der Wirtschaftlichkeit, der Versorgungssicherheit und der Umweltverträglichkeit.

Zur Erfüllung des ersten Ziels sollen marktwirtschaftliche Strukturen im Energiemarkt geschaffen werden, eine weitere Liberalisierung in Deutschland und der Europäischen Union erfolgen und eine effiziente Bereitstellung und Nutzung von Energie für Industrie und Verbraucher ermöglicht werden. Dazu müssen die eingesetzten Energieträger bezüglich ihrer Kosten wettbewerbsfähig sein. Dies gilt auch für das als Substitut für Benzin verwendete Bio-Ethanol.

Das zweite Ziel, die Versorgungssicherheit, ist wichtig, da die heimische Energieproduktion nicht ausreicht und Deutschland und die EU verstärkt auf Importe angewiesen sind. Es gilt daher, Energie sparsam zu verwenden, einen vielseitigen

¹³ Vgl. Europäische Kommission (1997).

¹⁴ Vgl. Europäische Kommission (2000b).

¹⁵ Vgl. Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (2000).

gen Energieträgermix zu schaffen, gegebenenfalls auch durch eine verstärkte Nutzung von Biokraftstoffen, und möglichst weltweite Bezugsquellen zu nutzen, um die Versorgungslage zu sichern und Importrisiken zu verringern.

Größte Herausforderung beim dritten Ziel, der Umweltverträglichkeit, ist der wirksame Klimaschutz. Zu einer sparsameren und rationelleren Nutzung von Energie und zur Erreichung der Umwelt- und Klimaschutzziele kann die Erhöhung des Anteils der erneuerbaren Energien, d.h. ein Ersatz von umweltbelastenden durch umweltschonende Energieträger, einen Beitrag leisten. Ob dies auch für die Verwendung von Bio-Ethanol gilt, wird später untersucht.

2.2.3 Politikmaßnahmen

Das Prinzip der Versorgungssicherheit wird zur Zeit weitgehend durch eine diversifizierte Importstruktur und durch die Subventionierung der Förderung von Kohle gesichert. Dabei variiert die Importabhängigkeit Deutschlands stark zwischen den verschiedenen Energieträgern. Bei Rohöl beträgt sie fast 100%, bei Erdgas rund 80% und bei der Steinkohle 43%. Braunkohle und erneuerbare Energien stammen dagegen nahezu vollständig aus heimischer Produktion. Allerdings ist gerade die deutsche Subventionspraxis im Bereich Kohle, die mit dem Ziel der Versorgungssicherheit begründet wird, unter umweltpolitischen Gesichtspunkten höchst fragwürdig. So fordert die OECD eine schnellere Reduktion der Subventionen im Kohlebereich, um eine erfolgreiche Klimaschutzpolitik zu ermöglichen.¹⁶

Zur Erreichung des Ziels der Wirtschaftlichkeit müssen von der Politik Bedingungen geschaffen werden, die eine effiziente Bereitstellung und Nutzung von Energie ermöglichen. Auf der Angebotsseite schafft und erhält der Staat daher marktwirtschaftliche Rahmenbedingungen um den Wettbewerb in der Energiewirtschaft zu fördern und dadurch für ein effizientes Energieangebot zu sorgen. So wurden beispielsweise die früher monopolisierten Märkte für Strom und Gas

¹⁶ OECD (2001).

liberalisiert. Auf der Verbraucherseite soll durch geeignete Rahmenbedingungen die sparsame Nutzung von Energie gefördert werden. Dafür wird beispielsweise im Verkehrsbereich die Mineralölsteuer als Verbrauchssteuer eingesetzt und Energieeinsparmaßnahmen werden im Strombereich, im Heizenergiebereich, im Baubereich, sowie im Gebäudebereich und bei der Altbausanierung gefördert.

Umweltpolitisch motivierte Rahmenbedingungen bestehen in der Ökosteuer und zahlreichen Förderprogrammen und Steuerbefreiungen bzw. -ermäßigungen für nicht-fossile Energiequellen. Fraglich bei der großen Anzahl von Vergünstigungen und Förderprogrammen für die verschiedenen erneuerbaren Energien ist jedoch, ob tatsächlich die effizienten der erneuerbaren Energien unterstützt werden, ob tatsächlich die mit den größten Zukunftsperspektiven hinsichtlich der Wirtschaftlichkeit aber auch der ökologischen Effektivität ausgewählt werden können und ob es nicht zwischen den einzelnen erneuerbaren Energien und auch zwischen erneuerbaren und fossilen Energien zu ungerechtfertigter Diskriminierung kommt.

Mit der Steuerbefreiung sämtlicher Biokraftstoffe wird dieses Förderungsgeflecht um eine weitere Maßnahme ergänzt. Dabei ist der quantitative Beitrag von Biokraftstoffen zum Ziel der Versorgungssicherheit wie oben beschrieben unbedeutend, um Importabhängigkeiten signifikant zu reduzieren. Das Ziel der Wirtschaftlichkeit wird nicht unterstützt, da Biokraftstoffe im Vergleich zu herkömmlichen Kraftstoffen auf absehbare Zeit zu teuer sind und sie noch dazu von anderen Ländern kostengünstiger produziert werden können. Ein Fortschritt beim Ziel der Umweltverträglichkeit bzw. der Reduzierung von Treibhausgasen wird ebenfalls nicht gelingen, da die Umweltwirkungen eines verstärkten Einsatzes von Biokraftstoffen nicht eindeutig positiv sind und es, wie in Kapitel 3 gezeigt wird, sinnvollere und effiziente Strategien der Treibhausgasvermeidung gibt. Einen Beitrag zur Optimierung des energiepolitischen Zieldreiecks, der Mindestvoraussetzung politischer Unterstützung sein sollte, leisten die Förder-

maßnahmen damit nicht, so dass unter energiepolitischen Gesichtspunkten eine Förderung von Bio-Ethanol nicht gerechtfertigt ist.

2.3 Agrarpolitik

Der heutige Stand als auch die Fortentwicklung der gemeinsamen europäischen Agrarpolitik (GAP), in der eine Vielzahl von Agrargütern durch Marktordnungen und andere Interventionen gefördert werden, sind für die Herstellung von Biokraftstoffen von großer Bedeutung. Im Rahmen dieser künstlich gesetzten wirtschaftlichen Anreize findet auch die Förderung von Ethanol statt. Die GAP beeinflusst daher die heimische Produktion der Energierohstoffe und den internationalen Handel mit Biokraftstoffen und deren Ausgangsstoffen.

2.3.1 Eckpfeiler der europäischen Agrarpolitik

„Seit Beginn der sechziger Jahre war die klassische Agrarpolitik in der Europäischen Union durch ein hohes Maß an Protektion gegenüber den Weltmärkten und ein hohes Niveau an innergemeinschaftlicher Preisstützung für wichtige Agrarprodukte gekennzeichnet.“¹⁷ Ziele der Gemeinsamen Agrarpolitik (GAP) sind laut Artikel 33 des EG-Vertrags die Steigerung der Produktivität der Landwirtschaft, die Gewährleistung einer angemessenen Lebenshaltung für die in der Landwirtschaft tätige Bevölkerung, die Stabilisierung der Märkte, die Sicherstellung der Versorgung und die Belieferung der Verbraucher zu angemessenen Preisen. Um diese Ziele zu erreichen umfasst die GAP eine Reihe von Bestimmungen und Mechanismen zur Regelung der Produktion und Verarbeitung und des Ex- und Imports landwirtschaftlicher Güter. Die Gemeinsamen Marktordnungen (GMO) bilden das grundlegende Instrument der GAP. Die GMO sollen:

1. Die Einheit des Marktes, d. h. den freien Verkehr landwirtschaftlicher Erzeugnisse im Binnenmarkt und die Anwendung einheitlicher Instrumente und Mechanismen in den einzelnen Mitgliedstaaten garantieren und

¹⁷ Sachverständigenrat zur Begutachtung der gesamtwirtschaftlichen Entwicklung (2001).

2. die Gemeinschaftspräferenz, d. h. den Vorrang und Preisvorteil der Agrarprodukte der EU gegenüber Importen durchsetzen und den Binnenmarkt durch gemeinsame Zollschränken gegenüber Drittländern vor Niedrigpreisprodukten und größeren Schwankungen des Weltmarktes schützen.

Die Verfolgung dieser Ziele durch ordnungspolitische Eingriffe in die Agrarmärkte führte allerdings auch zu problematischen Nebenwirkungen. Das System von Abnahmegarantien, Quoten, Interventionspreisen und Außenschutz schaffte Anreize zur Produktion von Überschüssen, so dass die Ausgaben für die Agrarpolitik stark anstiegen. Dem wurde durch verschiedene Reformen, zuletzt mit den Beschlüssen zur Agenda 2000, die eine Reduzierung der Überschussproduktion, Strukturanpassungen, eine Senkung der Stützungspreise und mehr Marktmechanismen zum Ziel hatten, zu begegnen versucht.

Von diesen Reformen weitgehend ausgenommen blieb bisher aber vor allem die für den in der Ethanolproduktion relevanten Energierohstoff Zuckerrübe entscheidende GMO für Zucker, die im Mai 2001 um weitere fünf Jahre, bis zum 30.06.2006, bei einer leichten dauerhaften Reduzierung der Quoten und Abschaffung der Lagerkostenbeihilfe, verlängert wurde. Die GMO Zucker wird nach wie vor durch ein nach Produktionsquoten gestaffeltes System von Preis- und Absatzgarantien bestimmt, so dass der Preis auf dem Binnenmarkt den Weltmarktpreis deutlich übertrifft. Eine Liberalisierung im Bereich der Zuckermarktordnung hätte zur Folge, dass die institutionellen Preise dieses Energierohstoffes und die Binnenmarktproduktion sinken würden.

Beim Energierohstoff Getreide hingegen ist das Weltmarktpreisniveau durch die Umstellung des Unterstützungssystems von Preisschutz zu mehr Direktzahlungen weitgehend erreicht. Allerdings wird die hohe Binnenproduktion durch die Direktzahlungen künstlich aufrecht erhalten.

Relevant für die Ethanolproduktion ist ebenfalls die Flächenstilllegung, zu der die Empfänger von Direktzahlungen verpflichtet sind. Auf den Stilllegungs-

flächen dürfen Produkte angebaut werden, „die zur Herstellung von nicht unmittelbar zu Lebens- oder Futtermittelzwecken bestimmten Erzeugnissen dienen.“¹⁸ Dies gilt auch für Getreide als Ausgangsstoff für Ethanol. Die Landwirte können hier die Stilllegungsprämie einstreichen und trotzdem noch Getreide für die Herstellung von Biokraftstoffen verkaufen. Dadurch entsteht eine Art doppelte Subventionierung, erstens durch die Prämie und zweitens indirekt durch die Steuerbefreiung für Biokraftstoffe. Bei einem Anbau von Zuckerrüben auf Stilllegungsflächen entfällt jedoch trotz gleicher oder besserer Eignung zur Produktion von Biokraftstoffen die Prämienzahlung.

Wie lange die EU ihre derzeitige GAP noch aufrecht erhalten kann, ist fraglich. Es besteht ein großer interner und externer Druck, Reformen durchzuführen. Intern wird die EU aufgrund der anstehenden Osterweiterung und einer dann in der heutigen Form erst recht nicht mehr zu finanzierenden GAP zu Reformen gezwungen. Extern nimmt der Druck durch die WTO auf die EU zu. Forderungen, vor allem seitens der Entwicklungsländer, nach einer Reduzierung der EU-Exportsubventionen und nach verbessertem Zugang auf den EU-Markt werden immer lauter. Die EU wird sich daher weiteren Reformen der GAP, die über die Agenda 2000 hinaus gehen und auch die GMOs mit einbeziehen, nicht verschließen können.

Es stellt sich deshalb die Frage, ob in dem wahrscheinlich anstehenden Prozess des Abbaus von Handelshemmnissen und Subventionen im Agrarbereich einerseits die Schutzmaßnahmen, die für die erfolgreiche Produktion von Ethanol aus Biomasse im Binnenmarkt nötig wären, verstärkt werden können und andererseits ob bei einer Liberalisierung noch ausreichende Preisanreize für den Anbau von Energierohstoffen erhalten bleiben. Dies ist bei einem Wegfall der Stilllegungsprämien, bei reduzierten Direktzahlungen und einem eventuellen Auslaufen der Zuckermarktordnung zweifelhaft.

¹⁸ Vgl. Europäische Kommission (1999).

2.3.2 Das Ziel der Unterstützung des Agrarsektors

Die Produktion von Rohstoffen zur Herstellung von Biokraftstoffen soll einen Beitrag zur Multifunktionalität der Landwirtschaft leisten, die Erschließung neuer Einkommensquellen erleichtern und so die Beschäftigungsmöglichkeiten in ländlichen Gebieten wahren. Die Förderung von Biokraftstoffen soll daher Anreize für Landwirte setzen, ihre Produktpalette auf Energierohstoffe auszuweiten. Diese Ziele sind konform mit den Zielen der GAP. Die Möglichkeiten, diese Ziele zu erreichen sind allerdings durch den oben beschriebene Rahmen der derzeitigen und zukünftigen GAP vorgegeben.

In Deutschland produziertes und auf einheimischen Energierohstoffen basierendes Ethanol ist ohne das Subventionssystem der GAP, das den Anbau der Energierohstoffe unterstützt und ohne die Förderung durch die Steuerbefreiung nicht wettbewerbsfähig. Trotz der heute bestehenden Förderung können andere Länder wie beispielsweise Brasilien oder die USA wesentlich billiger produzieren. Der beschriebene externe Liberalisierungsdruck durch internationale Handelsvereinbarungen einerseits und der interne Druck durch die notwendige Reform der GAP andererseits schließt aber eine Erhöhung der Förderung aus. Vielmehr wird durch Reformen der GAP, wie beispielsweise der Reduzierung von Stillungsflächen oder der institutionellen Preise und möglicher weiterer Handelsliberalisierungen, der Außenschutz beim Handel mit Ethanol und seinen Ausgangsstoffen tendenziell weiter sinken. Durch die Steuerbefreiung wird die Nachfrage nach Bio-Ethanol zwar steigen, allerdings profitiert davon auch das in der Produktion wettbewerbsfähigere Ausland.

Die Ethanolproduktion und der Anbau von Energierohstoffen stellt daher keine Alternative für die Landwirtschaft dar. Die Schaffung von zusätzlichem Einkommen und die Sicherung von Beschäftigung in der Landwirtschaft wäre erneut durch die Aufrechterhaltung der Subventionspraxis und die Einführung neuer Subventionen bzw. Steuervergünstigungen für Biokraftstoffe teuer erkaufte und würde nicht zu den notwendigen Reformen der GAP beitragen.

2.3.3 Das deutsche Branntweinmonopol

Wesentlich für die deutsche Ethanolerzeugung ist die Existenz der Bundesmonopolverwaltung für Branntwein, die für die Übernahme und Vermarktung von Agraralkohol zuständig ist, und als einzelstaatliche Regulierung den Markt für Biokraftstoffe beeinflusst. Das Branntweinmonopol als nationale Marktordnung für Ethanol landwirtschaftlichen Ursprungs soll die international nicht wettbewerbsfähigen deutschen Brennereien, soweit sie Alkohol aus landwirtschaftlichen Rohstoffen herstellen, vor ausländischer Konkurrenz schützen. Die von der Bundesmonopolverwaltung für Branntwein an die Branntweinerzeuger gezahlten Preise liegen deutlich über den am Markt erzielbaren Veräußerungspreisen. Die dadurch entstehenden Fehlbeträge werden aus dem Bundeshaushalt gedeckt. Das deutsche Branntweinmonopol dient damit der Existenzsicherung bäuerlicher Familienbetriebe und dem Erhalt ökologisch wertvoller Landschaften. Jedoch widerspricht diese Form der nationalen Beihilfe einer auf marktwirtschaftlichen Prinzipien beruhenden Wirtschaftsordnung und auch den EU-Regeln zu staatlichen Förderungen im Binnenmarkt. Das deutsche Branntweinmonopol verstößt damit gegen die Einheit des Marktes, d. h. den freien Verkehr landwirtschaftlicher Erzeugnisse im Binnenmarkt und die Anwendung einheitlicher Instrumente und Mechanismen in den einzelnen Mitgliedstaaten.

Bereits die Reformbeschlüsse des Haushaltssanierungsgesetzes vom 22.12.1999 hatten zur Folge, dass, beginnend mit dem Haushaltsjahr 2000, der Zuschuss an die Bundesmonopolverwaltung deutlich degressiv ausgestaltet und die verbleibende Stützung stärker auf kleinere Brennereien verteilt wurde. Gewerbliche Brennereien müssen spätestens mit Ablauf des Betriebsjahres 2005/06 aus dem Branntweinmonopol ausscheiden. Weiterer Anpassungsdruck geht von dem Vorschlag der EU-Kommission zur Schaffung einer gemeinsamen Marktorganisation für Ethylalkohol landwirtschaftlichen Ursprungs aus.¹⁹ Diese würde aufgrund beihilferechtlicher Vorschriften den Bestand des deutschen Branntwein-

¹⁹ Europäische Kommission (2001).

monopols insgesamt in Frage stellen. Die Bundesregierung ist jedoch bestrebt, das Branntweinmonopol als einzelstaatliche Marktregelung zu erhalten.

2.4 Kein Schutz vor internationalem Wettbewerb

Bei der Beurteilung von Chancen und Risiken der Förderung von Biokraftstoffen sind die Vorgaben und Restriktionen zu berücksichtigen, die sich aus den GATT/WTO-Verhandlungen bezüglich einer weiteren Liberalisierung des Welthandels und eines Abbaus von Zöllen und nichttarifären Handelshemmnissen ergeben. Wichtigste Schlussfolgerung ist dabei, dass ein wirksamer Schutz vor Importen nicht erzielt werden kann, so dass von den Steuervergünstigungen für Bio-Ethanol auch die wesentlich günstiger produzierenden ausländischen Anbieter profitieren. Die Zuständigkeit für die Handelspolitik liegt dabei ausschließlich auf Gemeinschaftsebene. Einzelne Mitgliedstaaten der EU können daher keine handelspolitischen Alleingänge betreiben, um ihre Fördermaßnahmen zu ergänzen.

In der Uruguay Runde (1986-94) verpflichteten sich die WTO-Mitgliedsländer im Agrarsektor die Marktzugangsmöglichkeiten zu verbessern, handelsverzerrende Produktions- und Exportsubventionen zu reduzieren und verbleibende Importrestriktionen zu tarifizieren. Lediglich den Entwicklungsländern wurden weniger Zugeständnisse abverlangt und längere Übergangsfristen gewährt. Bei der WTO-Ministerkonferenz im November 2001 in Doha wurde als Ziel der Verhandlungen bis 2005 die Schaffung eines fairen und marktorientierten Handelssystems erneut bekräftigt.

Die Rahmenbedingungen des Welthandels mit Agrarprodukten werden sich folglich in den nächsten Jahren ändern, da nicht nur die Zollschränken sinken, sondern auch ein Rückgang der nicht-tarifären Protektion, wie sie z.B. durch Exportsubventionen, durch Stilllegungsprämien sowie andere Produktionssubventionen erreicht wird, zu erwarten ist. Szenarien für zukünftige Marktbedingungen für die Produktion von nachwachsenden Rohstoffen zur Herstellung von

Ethanol werden deshalb beinhalten müssen, dass die Wettbewerbsfähigkeit von deutschen Rohstoffen wie Zuckerrüben und Triticale leiden wird. Dies wird bei Zuckerrüben wahrscheinlich mit einem Preisverfall einhergehen, während bei Getreide eher zu erwarten ist, dass bei annähernd gleichem Preisniveau die Produktionskosten aufgrund verringerter Subvention steigen. Auch die Bio-Ethanolproduzenten als zusätzliche Abnehmer von Weizen und Zuckerrüben werden diesen Verlust an Wettbewerbsfähigkeit der landwirtschaftlichen Produzenten nicht ausgleichen.

Die handelspolitischen Rahmenbedingungen für den Handel mit dem Endprodukt Ethanol bestehen weitgehend in EU-Einfuhrzöllen gegenüber Drittländern, wobei auch diese kontinuierlich schon in der Vergangenheit reduziert wurden.

Tabelle 1 — EU-Einfuhrzölle auf Importe aus Brasilien, USA und Polen²⁰:

	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002
Ethylalkohol mit Alkoholgehalt mind. 80%, unvergällt (TARIC 2207100000); in Ecu/hl bzw. ab 1999 in €/hl	30,0	28,2	26,4	24,6	22,8	21,0	19,2	19,2
Ethylalkohol beliebiger Alkoholgehalt, vergällt (TARIC 2207200000); in Ecu/hl bzw. ab 1999 in €/hl	16,0	15,0	14,1	13,1	12,1	11,2	10,2	10,2
Ethylalkohol mit Alkoholgehalt kleiner 80%, unvergällt, in Behältnissen mit Inhalt mind. 2 Liter (TARIC: 2208909900); in ECU/%vol/hl bzw. ab 1999 in €/vol/hl	1,6	1,5	1,4	1,3	1,2	1,1	1,0	1,0

Tabelle 1 zeigt die Entwicklung der Zollsätze für vergällten und unvergällten Ethylalkohol, die auf Importe aus den bedeutendsten Weltproduzenten Brasilien und USA, aber auch für EU-Beitrittskandidaten wie Polen, erhoben werden. Nur die AKP-Staaten (Afrika-Karibik-Pazifik) können im Rahmen des AKP-Vertrages frei in die Europäische Union exportieren. Es ist aber aufgrund fehlender Produktionskapazitäten nicht mit steigenden Ethanolimporten aus den AKP-Staaten zu rechnen. Im Bereich der Zollpolitik strebt die EU eine weitere Senkung der Zollsätze im Verhältnis zu Entwicklungsländern an. Eine entspre-

²⁰ Zollsätze jeweils zum 1. Januar eines Jahres.

chende Maßnahme zugunsten der am wenigsten entwickelten Länder, die die Zollsätze auf Ethylalkohol für Entwicklungsländer um 15% gesenkt hat, gilt seit Beginn dieses Jahres.²¹

Trotz des zunehmenden Liberalisierungsdrucks bleibt den Mitgliedstaaten die Möglichkeit erhalten, “non-trade-Ziele“ in die WTO-Verhandlungen aufzunehmen. Dazu gehören beispielsweise der Umweltschutz, die Förderung bestimmter struktureller Entwicklungen, die Förderung der Entwicklung ländlicher Räume oder auch Programme zur direkten Armutsbekämpfung bzw. Einkommensunterstützung bestimmter Bevölkerungsteile. Derartige Ziele können auch ein Argument für die Förderung bzw. Protektion von Biokraftstoffen sein. Sie müssen jedoch zukünftig mit Maßnahmen verfolgt werden, die möglichst geringe Nebenwirkungen auf den internationalen Handel haben.

3. Der Beitrag von Bio-Ethanol zur Klimapolitik

Die Substitution von Benzin durch Ethanol ist ohne wirtschafts- bzw. fiskalpolitische Maßnahmen nicht zu erwarten. Bei den heutigen Ölpreisen ist Ethanol weit von der Wettbewerbsfähigkeit gegenüber fossilem Kraftstoff entfernt. Die Produktionskosten für Bio-Ethanol liegen in Deutschland im günstigsten Fall bei 0,45-0,55 €/l Benzin-Äquivalent. Ein Niveau von 0,80-0,90 €/l Benzin-Äquivalent ist aber eher zu erwarten.²² Demgegenüber liegen die Vorsteuerpreise von Benzin bei 0,20 €/l.²³ Aus diesem Grund wurde die Steuerbefreiung für Biokraftstoffe eingeführt, da ansonsten die Mineralölindustrie keine Beimischung vornehmen würde. Ursprüngliche Überlegungen, einen Beimischungszwang gesetzlich einzuführen, wurden zugunsten der Steuerbefreiung

²¹ Vgl. Rat der Europäischen Union (2001), Art. 7 Abs. 4.

²² meó-Consult (2002). Bei der Berechnung des günstigsten Falls wird von einer großtechnischen Produktion und Substitution zwischen Ethanol und Benzin im Verhältnis von 1:1 ausgegangen. Der erwartete Wert beruht auf den in Deutschland üblichen Produktionsanlagen und dem aus eigenen Berechnungen resultierendem Substitutionsverhältnis zwischen Ethanol und Benzin (für eine genauere Betrachtung hierzu, siehe Kap.3.1.1 sowie Kap. 3.1.3).

²³ meó-Consult (2002).

verworfen. Diese wirtschaftspolitische herbeigeführte Bevorzugung von Biokraftstoffen kann nur wirtschaftlich sinnvoll sein, wenn damit wichtige andere wirtschaftspolitische Ziele erreicht werden können. Im Fall der Biokraftstoffe werden als zunächst wichtigste Ziele der Schutz der Vorräte an fossilen Brennstoffen, insbesondere Erdöl, sowie der Klimaschutz angeführt. Wenn diese Ziele durch den Einsatz von Ethanol erreicht werden, könnte dann auch ein positiver Beitrag für die Landwirtschaft resultieren. Um festzustellen, wie groß das Ausmaß des Ressourcenschutzes bei der Substitution von Benzin durch Ethanol ausfällt, bietet sich die Erstellung einer Energiebilanz an. Diese gibt einen Überblick über den Einsatz fossiler Brennstoffe bei der Produktion von Ethanol, den man mit dem eingesparten Energiegehalt von Benzin vergleichen kann. Daraus lässt sich die Nettoeinsparung von fossilen Brennstoffen beim Einsatz von Ethanol berechnen.

Bei der klimapolitischen Bewertung des Einsatzes von Ethanol wird nicht der Nettoenergiegewinn in Energieeinheiten berechnet, sondern bestimmt, um wie viel der Ausstoß von Kohlendioxid bzw. wie viel Treibhausgase insgesamt durch Ethanol als Substitut für Benzin vermindert werden kann. Da die Treibhausgasemissionen durch eine Vielzahl von Maßnahmen reduziert werden können, sollten die Vermeidungskosten alternativer Strategien, die beträchtlich variieren, verglichen werden. In Simulationsstudien über die gesamtwirtschaftlichen Kosten der Reduktion von Treibhausgasen ergeben sich bei einem effizienten Mitteleinsatz Vermeidungskosten, die in der Europäischen Union für die Erreichung der Kyoto-Ziele in der Größenordnung von etwa 30 €/t Kohlendioxid liegen. Für die USA wären diese Kosten etwas höher. Das Erreichen der Kyoto-Ziele würde hier Vermeidungskosten von etwa 25 bis 40 US-Dollar/t Kohlendioxid verursachen.²⁴

Sollte der Einsatz von Bio-Ethanol als Benzin-Substitut gerechtfertigt sein, muss er sich vor diesem Hintergrund bewähren, d.h. er muss bezüglich der Energie-

²⁴ Böhriger, Löschel (2002); Klepper, Peterson (2002).

einsparung und der Einsparung von Treibhausgasen einen signifikanten Beitrag liefern. Zugleich sollten die Kosten des Ethanoleinsatzes nicht weit über die Größenordnungen anderer klimapolitischer Maßnahmen hinausgehen.

Deshalb wird zunächst das Einsparpotential an fossilen Brennstoffen bei der Produktion von Ethanol mit Hilfe von Energiebilanzen bewertet. Mit Hilfe von Treibhausgasbilanzen wird dann der Einsparungseffekt von Ethanol für CO₂ und andere Treibhausgase berechnet. Durch einen Vergleich der Produktionskosten werden auch die Kosten der Ethanoloption im Klimaschutz berechnet. Schließlich bleibt zu untersuchen, ob eine klimapolitische Strategie der vermehrten Substitution von Benzin durch Ethanol unter volkswirtschaftlichen Aspekten eine gesamtwirtschaftlich effiziente Klimaschutzpolitik ist

3.1 Energiebilanzen für Ethanol

Um eine Energiebilanz für Ethanol zu erstellen, müssen die im gesamten Produktzyklus anfallenden fossilen Energieeinsätze geschätzt werden. Dazu wird die Ethanolproduktion in zwei Produktionsphasen unterteilt, die Produktion agrarischer Rohstoffe und die Konversion dieser Rohstoffe in Ethanol. Als agrarische Rohstoffe kommen in Deutschland hauptsächlich Zuckerrüben, Getreide, Kartoffeln und in begrenztem Maße Mais in Frage. Der Einsatz fossiler Energieträger in der Rohstoffproduktion konzentriert sich auf den fossilen Energiegehalt von Düngemitteln und Pestiziden sowie auf den Energieeinsatz bei Maschinen und im Transport der Rohstoffe. Beide Formen des Energieeinsatzes unterscheiden sich bei den verschiedenen Rohstoffen beträchtlich.

Die verschiedenen betrachteten Studien²⁵ kommen zu recht unterschiedlichen Ergebnissen für diese Energieeinsätze. Während für Getreide pro ha ein im Ver-

²⁵ Ausgewertet wurden alle vorliegenden Studien, die hinsichtlich der hier zu betrachtenden Fragestellung ausreichende Daten und Konsistenz beinhalten. Dabei wurde ausschließlich die Produktion von Ethanol aus Weizen und Zuckerrüben explizit berücksichtigt, da Studien über die Produktion aus Zuckerrohr und Mais für Deutschland aufgrund der Anbaubedingungen nicht relevant sind. Für die Produktion aus Kartoffeln existiert keine hinreichend umfangreiche Studie so dass diese Option hier nicht berücksichtigt werden konnte.

gleich zu Zuckerrüben geringer Energieeinsatz notwendig ist, wird dies durch den höheren Hektarertrag von Zuckerrüben wieder kompensiert. Die entscheidende Größe ist deshalb der Energieeinsatz in der landwirtschaftlichen Produktion im Verhältnis zu einem Liter Ethanol, der mit dem entsprechenden Rohstoff produziert werden kann. Sowohl für Weizen als auch für Zuckerrüben liegt der fossile Energieeinsatz zwischen knapp 4 MJ/l Ethanol und 8 MJ/l Ethanol. Die Schwankungsbreite ist einerseits bedingt durch unterschiedliche Annahmen über den Einsatz von Düngemitteln und zum anderen durch unterschiedliche Erwartungen über die Hektarerträge der Rohstoffe.

Die zweite Phase der Ethanolproduktion besteht in der Konversion der Rohstoffe in Ethanol. Die Konversion beansprucht den weitaus größeren Teil des gesamten fossilen Energieinputs. Dabei gibt es zwei wichtige Einflussfaktoren, die den fossilen Brennstoffeinsatz bestimmen. Dies ist der technologische Standard und die Größe der für die Konversion genutzten Anlagen, und es ist die Art des Energieeinsatzes sowie die Effizienz der Energienutzung z.B. durch Kraft-Wärme-Kopplung oder energetische Nutzung von Abfallstoffen.

Um die Nettoeinsparung an fossilen Brennstoffen zu bestimmen, wenn Ethanol Benzin ersetzt, müssen der gesamte Energieinput in Benzin mit dem fossilen Energieinput von Ethanol verglichen werden. Dabei gehen auch die unterschiedlichen Verbrennungseigenschaften von Ethanol in die Analyse ein. Dies bedeutet für die Energiebilanz, dass bei dem Energieinput in der Produktion von Ethanol alle fossilen Brennstoffe mit ihrem Brennwert bewertet addiert werden. Dieser fossile Energieinput wird dann verglichen mit dem fossilen Input, den das Ethanol ersetzt, das heißt mit dem Brennwertäquivalent von Ethanol als Benzinsubstitut.

Die Untersuchungen, die Energiebilanzen für Ethanol erstellt haben, kommen zu teilweise stark unterschiedlichen Ergebnissen, da es eine Reihe kritischer Fakto-

Im einzelnen handelt es sich um folgende Studien: Austmeyer (1988), CCPCS (1991), Ecotrafic (1992), ERL (1990), IEA (1994), Marrow (1987), Stephan (2000).

ren gibt, die Einfluss auf die Energiebilanz haben. Diese betreffen im großen und ganzen drei Bereiche:

- Bei der Produktion der Rohstoffe für die Ethanolherzeugung besteht der Energieinput hauptsächlich aus den Energieeinsätzen für Düngemittel und Pestizide sowie aus dem Energieeinsatz für Transport- und andere Maschinen. Der dominante Faktor dabei ist der Energieeinsatz in Form von Stickstoffdünger. Darüber hinaus beeinflussen die Hektarerträge des jeweiligen Rohstoffs den Energieeinsatz pro Liter Ethanol.
- Die Konversion von Rohstoffen in Ethanol stellt eine energieintensive Verarbeitungsstufe dar. Der größte Teil des Energieeinsatzes besteht in der Wärmeproduktion. Dabei kommen komplexe Interaktionen zutage, weil im Konversionsprozess neben Ethanol auch eine Reihe von Kuppelprodukten anfallen, die selbst einen nicht unerheblichen Energiegehalt haben. Diese können zum Teil am Markt weiterverkauft werden, sie können aber auch als Energierohstoff in der Produktion selbst wieder eingesetzt werden. Eine energetische und eine betriebswirtschaftliche Überprüfung der Verwendung von Kuppelprodukten ist dabei nur ansatzweise möglich.
- Ein weiterer wichtiger Einflussfaktor für die Energiebilanz sind die agrarischen Rohstoffe, die für die Ethanolherstellung verwendet werden. Weltweit wird der größte Teil des Bio-Ethanols aus Zuckerrohr bzw. aus Mais hergestellt. Beide Optionen sind für Deutschland von praktisch keiner Bedeutung. Für die Ethanolproduktion in Deutschland kommen deshalb hauptsächlich Getreide und Zuckerrüben in Frage. Ergebnisse von Studien für andere Länder sind deshalb nur eingeschränkt übertragbar.

Sowohl wegen der Verfügbarkeit von empirischen Analysen über die Energiebilanz der unterschiedlichen Alternativen in der Ethanolproduktion, als auch wegen ihrer Bedeutung in Deutschland werden im folgenden Energiebilanzen für die Ethanolproduktion aus Weizen bzw. aus Zuckerrüben vorgestellt. Dabei

werden verschiedene Studien herangezogen, insbesondere um den Einfluss unterschiedlicher Annahmen über die oben genannten Einflussfaktoren transparent zu machen.

3.1.1 Energiebilanz für die Ethanolproduktion aus Weizen

Abbildung 1 zeigt eine Übersicht verschiedener Studien für den Einsatz fossiler Energieträger bei der Produktion von Ethanol mit Hilfe des Rohstoffs Weizen. Die Studien beziehen sich auf verschiedene Jahre und sind nach Jahren sortiert.²⁶ Die Energieeinsätze in der Produktion von Weizen sind im unteren Teil der Balken dargestellt und liegen bei den tatsächlich gemessenen Werten zwischen 6 und 8 Megajoule für Dünger und Pestizide. Die Prognose der Internationalen Energieagentur (IEA) für zukünftige Technologien geht von einem etwa halbierten Wert aus. Wird der Energieeinsatz für Maschinen und den Transport addiert, so liegt der fossile Energieeinsatz bei der Produktion von Weizen bei etwa 10 MJ/l Ethanol. Der Primärenergiebedarf für die Konversion von Weizen in Ethanol stellt den weitaus größeren Teil des gesamten Energieverbrauchs dar. Hier schwanken die Ergebnisse der Studien beträchtlich. Austmeyer et al. berechnen einen Primärenergiebedarf von etwa 16 MJ/l Ethanol während die Studie der Europäischen Union (CCPCS) auf 26 MJ/l Ethanol kommt. Die Prognosen der Internationalen Energieagentur für zukünftige Technologien gehen von Werten aus, die knapp unter 10 MJ/l Ethanol liegen. Die Ursachen für diese Schwankungen dürften zum einen in dem Ethanolertrag der Anlagen und zum anderen in der Energieeffizienz dieser Anlagen liegen.

Der vergleichbare Energieeinsatz für die Bereitstellung von Benzin ist als Referenzwert für die Energiesubstitution in Abbildung 1 dargestellt. Er beinhaltet den Brennwert von Benzin einschließlich der für die Raffinierung von Benzin erforderlichen Energie. Außerdem ist die unterschiedliche Leistung von Ethanol im Motor im Vergleich zu Benzin berücksichtigt. Die Mineralölindustrie geht

²⁶ Die Wahl des Jahres 2015 für die Prognose der internationalen Energieagentur ist etwas willkürlich gesetzt, da dort kein genaues Jahr angegeben ist.

davon aus, dass ein Liter Ethanol die gleiche Leistung wie 0,65 Liter Benzin erbringt (ARAL (2002), Umweltbundesamt (2002)).²⁷ Für moderne Verbrennungsmotoren jedoch scheint das Verhältnis noch nicht experimentell bestimmt worden zu sein. Dies ergibt einen Referenzwert von 23,3 MJ/l Ethanol.²⁸

3.1.2 Energiebilanz für die Ethanolproduktion aus Zuckerrüben

Die Auswertung der Studien über die Ethanolproduktion auf der Basis von Zuckerrüben ist in Abbildung 2 dargestellt. Die Studien zeigen eine höhere Schwankungsbreite als bei Weizen. Darüber hinaus wird deutlich, dass die landwirtschaftliche Produktion von Zuckerrüben mit einem geringeren Energieeinsatz auskommt, während sich die Konversionsenergie in ähnlichen Bereichen bewegt. Die Hauptursache für den vergleichsweise niedrigen fossilen Energieeinsatz bei der Produktion von Zuckerrüben liegt in den geringen Düngergaben. Im Zeitablauf sinkt der Energieeinsatz bei Produktion und Konversion.

3.1.3 Nettoenergiebilanz für Ethanol

Um den Gewinn bzw. Verlust an fossilen Brennstoffen bei der Produktion von Ethanol zu erhalten, muss der fossile Brennstoffeinsatz in der Produktion von Ethanol mit dem vermiedenen fossilen Brennstoffeinsatz durch die Substitution von Benzin durch Ethanol saldiert werden. Da Ethanol kein vollständiges Substitut für Benzin ist, weil es einen geringeren Brennwert hat und bei der Verbrennung im Motor geringere Leistung erbringt, werden durch einen Liter Ethanol nur 0,65 Liter Benzin ersetzt. Um zur Nettoenergiebilanz zu kommen, müssen darüber hinaus die Energieeinsätze in der Produktion von fossilem Benzin hinzugerechnet werden. Daraus ergibt sich, dass Ethanol mit einem Energiegehalt

²⁷ Der Wert ergibt sich aus der Relation der unterschiedlichen Heizwerte von Ethanol (21,2 MJ/l) und Benzin (32,4 MJ/l).

²⁸ Der Bruttoenergiegehalt von Benzin (35,6 MJ/l) resultiert aus dem Heizwert (32,4 MJ/l) plus einem 10prozentigen Zuschlag für die Herstellung. Dieser Wert multipliziert mit der Relation der unterschiedlichen Heizwerte ergibt den Referenzwert von 23,3 MJ/l).

von 21,18 MJ/l, Benzin in Höhe von 23,3 MJ/l ersetzt. Die entsprechenden Nettoenergiegewinne bzw. -verluste sind in Abbildung 3 und 4 dargestellt.

Insgesamt schneidet Weizen als Rohstoff für die Ethanolproduktion in der Nettoenergiebilanz schlechter ab als Zuckerrüben. In einigen hauptsächlich älteren Studien ist die Nettoenergiebilanz sogar negativ, das heißt für den Ersatz von Benzin durch Ethanol wird bei der Herstellung von Ethanol mehr fossile Energie eingesetzt als durch die Verbrennung von Ethanol ersetzt wird! Die Prognosen der Internationalen Energieagentur sowie die neuesten Zahlen und erwarteten Produktivitätsfortschritte in der landwirtschaftlichen Produktion sowie Energieeinsparungen in der Konversion deuten an, dass sich die Nettoenergiebilanz in der Zukunft weiter zu einer positiven Bilanz entwickeln wird. Insgesamt sind jedoch die Einsparungen an fossiler Energie vergleichsweise gering.

Die in den Abbildungen 3 und 4 dargestellten Werte unterscheiden sich von den in manchen Studien berechneten Nettoenergiewerten, weil dort unterschiedliche Annahmen für die Energiegutschrift für eingespartes Benzin gemacht werden. Um die Studien unabhängig von diesen Annahmen vergleichbar zu machen, wurde der oben beschriebene einheitliche Referenzwert für die eingesparte Energie im Benzin benutzt. Geht man von einem besseren Substitutionsverhältnis von Benzin zu Ethanol als 0,65 aus, so würde sich die Nettoenergiebilanz etwas verbessern. Weizen bekäme eine knapp positive Nettoenergiebilanz und Zuckerrüben könnte die Nettoenergiegewinne etwa verdoppeln, wenn man unrealistischerweise von einer Substitution von 1:1 ausginge.

3.1.4 Gesamtwirtschaftliche Bewertung der Energiebilanzen

Bei der Produktion regenerativer Energieträger mit Hilfe agrarischer Rohstoffe stellt sich aus gesamtwirtschaftlicher Sicht die Frage, wie viel fossile Energie mit welchem Rohstoff und welcher Konversion auf einer bestimmten landwirtschaftlichen Fläche ersetzt werden kann. Dabei kommen für die Nutzung dieser landwirtschaftlichen Flächen nicht nur agrarische Rohstoffe für die Produktion

von Bio-Ethanol, bzw. Biokraftstoffen wie Rapsdiesel oder RME in Frage. Es gibt auch die Option andere fossile Energieträger wie Gas und Kohle zu ersetzen, indem z.B. Strom aus Biomasse produziert wird. Als Rohstoffe kommen neben dem gezielten Anbau von Biomasse auch verschiedene agrarische Reststoffe und andere Abfälle in Frage. Hier wird im folgenden nur verglichen, welches Einsparpotential an fossilen Energieträgern bei dem Anbau von Biomasse mit verschiedenen Früchten in unterschiedlichen Verwendungen erzielt werden kann. Abbildung 5 zeigt einen Vergleich verschiedener Bioenergieproduktionen und Verwendungen. Die Balken für Zuckerrüben, Weizen und Mais beziehen sich auf den Anbau dieser Früchte für die Produktion von Bio-Ethanol, Raps für die Produktion von Rapsmethylester und Holz für die Produktion von Strom durch Verbrennung von Holz. Dabei zeigt sich, dass der größte Energiegewinn, das heißt die größte Einsparung an fossilen Brennstoffen, nicht bei der Produktion von Ethanol anfällt. Wenn eine maximale Einsparung fossiler Energie erreicht werden soll, dann wäre es sinnvoller, die landwirtschaftliche Fläche mit schnell wachsenden Holzarten zu bepflanzen, da dort der Energiegewinn pro Hektar und Jahr größer ist als in anderen Verwendungen.²⁹ Wenn es das Ziel ist, mit Hilfe von erneuerbaren Energieträgern auf der Fläche eine möglichst große Menge fossiler Energieträger zu ersetzen, so wäre es weitaus sinnvoller, die fossilen Energieträger im Bereich der Stromerzeugung zu ersetzen, als sie bei den Kraftstoffen zu substituieren, denn eine verfügbare Fläche Land würde dort mehr fossilen Brennstoff einsparen.

²⁹ Die in Abbildung 5 dargestellten Ergebnisse basieren auf unterschiedlichen Benzingutschriften. Deshalb ist z.B. der Energiegewinn bei Weizen positiv und bei Zuckerrüben größer als in den oben dargestellten Studien. Würde man die oben dargestellten Zahlen benutzen, so würde der Vorteil des Holzes noch stärker zur Wirkung kommen.

3.1.5 Fazit

Mit Hilfe der Energiebilanzen kann bewertet werden, wie viel fossile Energieträger eingespart werden können, wenn Bio-Ethanol Benzin als Kraftstoff ersetzt. Die Ergebnisse der Energiebilanzen lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- Bei dem fossilen Energieeinsatz für die Produktion von Bio-Ethanol wird der überwiegende Teil in der Konversion der agrarischen Rohstoffe in Ethanol verbraucht. Dies gilt sowohl für Zuckerrüben als auch für Weizen.
- Die Nettoeinsparung an fossilen Energieträgern, die Nettoenergiebilanz, hängt weitgehend davon ab, inwieweit Ethanol als Benzinersatz eine dem Benzin vergleichbare Leistung erbringt. Diese Fragen sind noch nicht endgültig geklärt.
- Bei einer Substituierbarkeit von 1 Liter Ethanol für 0,65 Liter Benzin ist die Nettoenergiebilanz beim Anbau von Weizen negativ. Die Nettoenergiebilanz für die Ethanolproduktion aus Zuckerrüben ist für heutige deutsche Anbau- und Konversionsverhältnisse leicht positiv. Sowohl für Weizen als auch für Zuckerrüben prognostiziert die Internationale Energieagentur positive Nettoenergiebilanzen.
- Bei einer gesamtwirtschaftlichen Betrachtung aller Optionen zur Einsparung fossiler Energieträger durch nachwachsende Rohstoffe hat die Produktion von Kraftstoffen geringere Einsparpotentiale als zum Beispiel die Substitution anderer fossiler Energieträger durch die Produktion von Strom oder Wärme auf der Basis schnell wachsender Hölzer.

3.2 Bio-Ethanol als klimapolitische Alternative?

Im folgenden wird die Produktion von Bio-Ethanol unter dem Gesichtspunkt der Klimapolitik analysiert. Dabei werden zunächst die mit der Produktion von Bio-Ethanol einhergehenden Treibhausgasemissionen im Anbau und der Konversion bestimmt. Danach wird der Effekt der Substitution von Benzin durch Ethanol

auf die Treibhausgasemissionen berechnet. Dies wird in den Nettotreibhausgasbilanzen dargestellt. Schließlich werden die voraussichtlichen Kosten der Vermeidung von Treibhausgasemissionen durch den Einsatz von Bio-Ethanol ermittelt und durch einen Vergleich mit anderen klimapolitischen Strategien wird untersucht, ob diese Strategie Teil einer gesamtwirtschaftlich effizienten Klimaschutzpolitik sein sollte.

3.2.1 Nettotreibhausgasbilanzen

Abbildung 6 zeigt die Nettotreibhausgasbilanz für die Ethanolproduktion auf Weizenbasis, das heißt die durch die Substitution von Benzin eingesparten CO₂-Emissionen abzüglich der bei der Herstellung von Ethanol entstandenen Treibhausgasemissionen (diese liegen in den einzelnen Studien zwischen 4000 und 6000 kg CO₂-Äquivalente/ha). Aufgrund der großen Variation der Treibhausgasemissionen bei der Konversion von Weizen zu Ethanol, die durch unterschiedliche zugrundegelegten Brennstoffzusammensetzungen entsteht, variieren auch die Nettotreibhausgasbilanzen beträchtlich. Wird, wie in einer Alternative der Studie der IEA angenommen, bei der Konversion ein Brennstoffmix von Kohle und Gas benutzt, so wird die Netto-CO₂-Bilanz negativ. Dagegen ergibt sich bei dem Einsatz von Gas, Strom und Kraft-Wärme-Kopplung ein Gewinn von ca. 1300 kg CO₂-Äquivalent/ha.

Bei den oben genannten Treibhausgasemissionen der Produktion von Ethanol zwischen 4000 und 6000 kg CO₂-Äquivalente/ha, entsteht gegenüber dem Einsatz von Benzin eine Einsparung von ca. 500 bis etwas über 1000 kg CO₂-Äquivalente/ha. Nur bei den Prognosen der IEA lässt sich ein großer Gewinn ermitteln. Dies liegt in der Annahme eines stark reduzierten Energieeinsatzes bei der Konversion von Weizen in Ethanol begründet.

Bei der Ethanolproduktion aus Zuckerrüben stellt sich die Treibhausgasbilanz etwas positiver dar (Abbildung 7). Während der Einsatz von Benzin im Vergleich zu der auf einem Hektar produzierbaren Menge Bio-Ethanol

ca. 14.000 kg CO₂-Äquivalente/ha an Emissionen verursacht, benötigt die Produktion von Bio-Ethanol ca. 10.000 kg/ha, so dass ein Nettogewinn von etwa knapp 4000 kg/ha möglich zu sein scheint. Die IEA erwartet in ihrer Prognose wieder einen starken Rückgang im Einsatz fossiler Brennstoffe bei der Konversion, der die Nettotreibhausgasemissionen stark verbessert.

Ein Vergleich von Bio-Ethanol aus Weizen und aus Zuckerrüben zeigt, dass auf einem Hektar mit Hilfe von Zuckerrüben 3.000 bis 4.000 kg Treibhausgas eingespart werden können, während bei der Produktion auf Weizenbasis eine Einsparung von nur 500 bis 1.000 kg möglich ist. Damit ist in Bezug auf die Treibhausgasemissionen für die Ethanolproduktion der Anbau von Zuckerrüben dem Weizenanbau auf der Basis heute existierender Studien weit überlegen.

3.2.2 Die CO₂-Vermeidungskosten von Bio-Ethanol

Die oben dargestellten Ergebnisse der Energiebilanzen für Bio-Ethanol aus verschiedenen Energierohstoffen sowie die Treibhausgasbilanzen zeigen, dass mit heutigen Produktions- und Konversionstechnologien eine wenn auch geringfügige Einsparung von fossilen Brennstoffen bzw. von Treibhausgasemissionen erzielt werden kann, wenn Bio-Ethanol dem Benzin beigemischt und damit der Verbrauch an fossilem Benzin reduziert wird. Damit ist jedoch noch nicht geklärt, ob die Ethanolerzeugung unter volkswirtschaftlichen Aspekten Teil einer gesamtwirtschaftlich effizienten Klimaschutzpolitik sein sollte.

Eine gesamtwirtschaftlich effiziente Klimapolitik erfordert die Reduktion von Treibhausgasen aus den Quellen, bei denen die Reduktion gesamtwirtschaftlich die geringsten Kosten verursacht. Dies liegt darin begründet, dass die Emissionen von Treibhausgasen unabhängig von ihrem Ort und dem Prozess, bei dem sie entstehen, die gleichen Umweltwirkungen haben. Es ist deshalb sinnvoll, die Reduktion einer bestimmten Menge von Treibhausgasemissionen dort vorzunehmen, wo die Kosten am niedrigsten sind. Eine Bewertung der klimapolitischen Vorteilhaftigkeit des Einsatzes von Bio-Ethanol erfordert also

eine Abschätzung der Vermeidungskosten von Treibhausgasemissionen durch die Substitution von fossilem Benzin durch Bio-Ethanol.

Die Kosten der Vermeidung von 1 t CO₂ dürften in der Europäischen Union für die Erreichung des Kyoto-Zieles bei 15-30 Euro liegen. Die Höhe wird stark von den klimapolitischen Maßnahmen, z.B. den verschiedenen Formen des Emissionshandels, bestimmt. Unter der Annahme einer Einführung des Handels mit Emissionsrechten innerhalb der Europäischen Union werden die Kosten mit etwa 20 Euro/t Kohlendioxid angegeben.³⁰ An diesen Kennziffern müssen die im folgenden dargestellten Vermeidungskosten von Treibhausgasen bzw. von CO₂ durch den Einsatz von Bio-Ethanol gemessen werden.

Abbildung 8 zeigt den Zusammenhang zwischen CO₂-Reduktionen, den Kosten von Bio-Ethanol und den Treibhausgasvermeidungskosten, wie sie aus den verschiedenen Studien für die Herstellung aus Weizen bzw. Zuckerrüben berechnet werden können. An der Ordinate sind die Potentiale für die CO₂-Reduktion in kg/ha angebaute Fläche von Weizen bzw. Zuckerrüben dargestellt. Die Abszisse zeigt die zusätzlichen Kosten, die anfallen, wenn Benzin durch Bio-Ethanol substituiert wird. Das Ganze wiederum ist umgerechnet auf Hektar Anbaufläche des jeweiligen Energierohstoffs. Schließlich zeigen die Geraden die Kombinationen von CO₂-Reduktionen und zusätzlichen Produktionskosten an, bei denen ein bestimmter Wert für die Vermeidungskosten von Treibhausgasen erreicht wird. Die linke Gerade bezeichnet die Kombinationen, bei denen die Vermeidung von 1 Tonne CO₂ etwa 50 Euro kostet. Dies ist die Gerade, die die heute höchstens auftretenden durchschnittlichen Vermeidungskosten in der Europäischen Union zeigt. Da die älteren Studien zu keiner Vermeidung von CO₂-Emissionen kommen, liegen deren Bereiche von Vermeidungskosten und Vermeidungsreduktionen unterhalb der Abszisse. Für die Produktion aus Weizen ergeben sich Vermeidungskosten von heute mindestens 1000 Euro/t CO₂. Lediglich laut der Prognose der IEA für

³⁰ Europäische Kommission (2000a).

zukünftige Technologien können die Vermeidungskosten auf ca. 400 Euro/t CO₂ sinken.

Für die Bio-Ethanolproduktion aus Zuckerrüben liegen die Kosten der Vermeidung von Treibhausgasen ebenfalls über 1000 Euro/t CO₂. Die Prognose der IEA kommt hier auf Kosten von 500 Euro/t CO₂. Die zusätzlichen Kosten bei der Bio-Ethanolproduktion aus Zuckerrüben gegenüber Benzin sind pro Flächeneinheit höher als bei Weizen. Dafür ist aber auch eine höhere Einsparung an Treibhausgasen möglich, so dass die Vermeidungskosten je Tonne CO₂ ähnlich hoch liegen. Zur Illustration ist in Abbildung 8 auch der Bereich dargestellt, der sich durch eine alternative Landnutzung erzielen lässt. So können beim Einsatz von schnell wachsenden Holzarten bis zu 5.000 kg Treibhausgase pro Hektar eingespart werden, weil die bei der Konversion auftretenden Emissionen wegfallen. Dadurch werden CO₂-Vermeidungskosten von unter 50 Euro/t erreicht, wenn dieses Holz direkt für die Verstromung oder gar die direkte Wärme Gewinnung verwendet wird.³¹

Diese extrem hohen Vermeidungskosten könnten gesenkt werden, wenn es möglich wäre, die Kuppelprodukte, die bei der Ethanolproduktion anfallen, zu günstigen Preisen zu verkaufen. Ein weiterer kostensenkender Faktor wäre der Bau großer, zur Zeit in Deutschland nicht existierender Anlagen zur Ethanolgewinnung, da bei diesen beträchtliche Kostendegressionen zu verzeichnen sind. Dies würde allerdings für eine große Zahl existierender Anlagen den Verlust der Wettbewerbsfähigkeit bedeuten. Schließlich könnte eine Optimierung aller Prozessstufen nach neuesten wissenschaftlichen Erkenntnissen einen weiteren Beitrag zur Senkung der Vermeidungskosten leisten. Unter der Annahme, dass alle diese Maßnahmen umgesetzt werden, würden die Vermeidungskosten auf ca. 350 €/t CO₂ bei Weizen und ca. 400 €/t

³¹ Nitsch (2001).

CO₂ bei Zuckerrübeneinsatz fallen³². Sie lägen damit aber immer noch um mindestens den Faktor 10 über den effizienten Vermeidungsstrategien.

Der Einsatz von Bio-Ethanol als Biokraftstoff ist also unter klimapolitischen Gesichtspunkten eine sehr teure Politikoption und damit unter gesamtwirtschaftlichen Aspekten nicht die erste Wahl. Mit dem gleichen volkswirtschaftlichen Aufwand könnte in anderen Bereichen ein um ein Vielfaches höheres Volumen an Treibhausgasen eingespart werden.

4. Zusammenfassung

Die Substitution des Einsatzes fossiler Brennstoffe durch Biomasse ist eine mögliche Strategie zur Verbesserung der Umweltsituation. Die hier betrachtete Substitution fossiler Brennstoffe durch Bio-Ethanol, hergestellt aus Weizen oder Zuckerrüben, wird in jüngster Zeit politisch verstärkt gefördert. Die Verringerung von Treibhausgasemissionen, aber auch die Versorgungssicherheit für Energie und ein zusätzliches ökonomisches Standbein für die Landwirtschaft werden als Argumente für die Steuerbefreiung für Biokraftstoffe angeführt.

Es wurde gezeigt, dass diese Ziele kaum erreicht werden und eine kostenintensive Förderung von Biokraftstoffen nicht gerechtfertigt ist. Zum Ziel der Versorgungssicherheit können Biokraftstoffe, selbst wenn es durch die Förderung zu einer steigenden Produktion in Deutschland käme, aufgrund des geringen mengenmäßigen Potentials wenig beitragen. In der Landwirtschaft können sich bei vermehrter Verwendung von Biokraftstoffen neue Absatzmöglichkeiten für Energiepflanzen ergeben. Gerade bei einem möglichen Wegfall der Zuckermarktordnung wäre die Verwendung von Zuckerrüben zur Produktion von Bio-Ethanol eine Alternative. Jedoch würde dann erneut in der Agrarwirtschaft eine Produktion aufgebaut, die international nicht wettbewerbsfähig ist und dauerhaft subventioniert werden müsste. Eine solche Politik widerspricht den Reformnotwendigkeiten in der europäischen Agrarpolitik. Auch der Aufbau eines Außen-

³² meó-Consult (2002).

schutzes gegenüber günstiger produzierenden Ländern widerspräche den europäischen Verpflichtungen im Rahmen der internationalen Handelspolitik.

Das vorrangige Ziel, die Substitution von Benzin durch Bio-Ethanol zu einem Teil des klimapolitischen Strategiebündels der deutschen Bundesregierung zu machen, erscheint mit den in diesem Beitrag zusammengetragenen Informationen nur schlecht begründbar:

- Die Energiebilanzen für Ethanol aus Weizen und Zuckerrüben zeigen nur geringe Einsparungen an fossilen Brennstoffen. Für andere Rohstoffe wie Kartoffeln, Roggen etc. ist, wie méo-Consult (2002) zeigt, die Situation allerdings noch ungünstiger.
- Die auf einer landwirtschaftlichen Fläche erzeugbare Energie wird bei der Produktion von Bio-Ethanol nicht direkt zur Substitution fossiler Energieträger eingesetzt, sondern verliert durch den hohen Energieaufwand bei der Konversion zu Ethanol. Die auf einer natürlich begrenzt verfügbaren landwirtschaftlichen Fläche erzeugten nachwachsenden Energierohstoffe sollten deshalb direkt energetisch verwertet werden.
- Die Abschätzung der Vermeidungskosten einer Tonne CO₂ durch den Einsatz von Bio-Ethanol haben gezeigt, dass diese um den Faktor 10 bis 50 über den Kosten alternativer Vermeidungsstrategien liegen. Die Förderung von Bio-Ethanol ist deshalb keine gesamtwirtschaftlich effiziente Strategie.

Literaturverzeichnis

ARAL (2002): Persönliche Kommunikation.

Austmeyer, K.; H. Röver (1998): Verbundproduktion von Ethanol und Weißzucker. Zuckerindustrie, 113, 1998, Nr. 9, S. 765-772.

Böhringer, Christoph; Andreas Löschel (2002): Assessing the Cost of Compliance: The Kyoto Protocol. European Environment, 12, S. 1-16.

Buercky (2002): Bundesgesundheitsdienst GmbH, Persönliche Kommunikation.

Bundesgesetzblatt (2002): Gesetz zur Änderung des Mineralölsteuergesetzes und anderer Gesetze. Teil I, Nr. 52, S. 2778.

Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (2000): Nationales Klimaschutzprogramm. Beschluss der Bundesregierung vom 18. Oktober 2000.

Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (2001): Energiebericht: Nachhaltige Energiepolitik für eine zukunftsfähige Energieversorgung.

Commission Consultative pour la Production de Carburant des Substitution (CCPCS) (1991): Rapport des Travaux du Groupe Numéro 1. IEA 1994. Paris.

Deutscher Bundestag (2002): Sitzung (240) des Deutschen Bundestages am 7. Juni 2002 (Tagesordnungspunkt 29). <http://dip.bundestag.de/btp/14/14240.pdf>.

Ecotrafic (1992): The Life of Fuels-Motor Fuel From Source to End Use. Ecotrafic AB. IEA 1994. Stockholm.

Environmental Resources Limited (ERL) (1990): Study of the Environmental Impacts of Large Scale Bio-Ethanol Production in Europe: Final Report. IEA 1994. London.

Europäische Kommission (1997): Mitteilung der Kommission. Energie für die Zukunft: Erneuerbare Energieträger. Weißbuch für eine Gemeinschaftsstrategie und Aktionsplan. KOM (1997) 599. Brüssel.

Europäische Kommission (1999): Verordnung (EG) Nr. 2461/1999 der Kommission vom 19. November 1999 mit Durchführungsbestimmungen zur Verordnung (EG) Nr. 1251/1999 des Rates in bezug auf die Nutzung stillgelegter Flächen für die Erzeugung von Ausgangserzeugnissen, die in der Gemeinschaft zur Herstellung von nicht unmittelbar zu Lebens- oder Futtermittelzwecken bestimmten Erzeugnissen dienen. Brüssel.

Europäische Kommission (2000a): Grünbuch zum Handel mit Treibhausgasemissionen in der Europäischen Union. KOM (2000) 87. Brüssel.

Europäische Kommission (2000b): Grünbuch - Hin zu einer europäischen Strategie für Energieversorgungssicherheit. KOM (2000) 769. Brüssel.

Europäische Kommission (2001a): Mitteilung der Kommission an den Rat, Das Europäische Parlament, den Wirtschafts- und Sozialausschuss und den Ausschuss der Regionen über alternative Kraftstoffe für den Straßenverkehr und ein Bündel von Maßnahmen zur Förderung der Verwendung von Biokraftstoffen. KOM (2001) 547. Brüssel.

Europäische Kommission (2001b): Vorschlag für eine Verordnung des Rates über die gemeinsame Marktorganisation für Ethylalkohol landwirtschaftlichen Ursprungs. KOM (2001) 0101. Brüssel

International Energy Agency (IEA) (1994): Biofuels. Paris.

- Klepper, Gernot, Sonja Peterson (2002): Trading Hot Air. Kiel Working Paper No. 1133, Kiel Institute for World Economics. Kiel.
- Marrow, J.; J. Coombs; E. Lees (1987): An Assessment of Bio-Ethanol as a Transport Fuel in the UK. Vol. 1, ETSU-R-44, Department of Energy/HMSO. IEA 1994. London.
- meó-Consult (2002): Verwendung von Ethanol und Methanol aus nachwachsenden Rohstoffen im chemisch-technischen und im Kraftstoffsektor unter besonderer Berücksichtigung von Agraralkohol. Gutachten für die Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. Manuskript.
- Nitsch, Joachim et al. (2001): Schlüsseltechnologie Regenerative Energien. Stuttgart, Karlsruhe.
- OECD (2001): Environmental Performance Reviews Germany. Paris.
- Rat der Europäischen Union (2001): Verordnung (EG) Nr. 2501/2001 des Rates vom 10. Dezember 2001 über ein Schema allgemeiner Zollpräferenzen für den Zeitraum vom 1. Januar 2002 bis 31. Dezember 2004.
- Sachverständigenrat zur Begutachtung der gesamtwirtschaftlichen Entwicklung (2001): Jahresgutachten 2001/2002: Für Stetigkeit – Gegen Aktionismus.
- Shogren, Jason, Michael Toman (2000): How Much Climate Change is Too Much? An Economics Perspective. In: Resources for the Future. Climate Change Issues. Brief No. 25.
- Stephan, Ch. (1999): Verfahrenstechnische Bewertung von Zuckerrübenanbauverfahren unter der Berücksichtigung der Energiebilanz. Forschungsbericht Agrartechnik des Arbeitskreises Forschung und Lehre der Wax-Eyth-Gesellschaft Agrartechnik im VDI (VDI-MEG) 347, Bonn.
- Suedzucker (2002): Persönliche Kommunikation.
- Umweltbundesamt (Hrsg.) (1999): Texte 79/99, Aktuelle Bewertung des Einsatzes von Rapsöl im Vergleich zu Dieselkraftstoff.
- Umweltbundesamt (2002): Internetverbindung: <http://www.umweltbundesamt.de>.