

Bräuninger, Michael; Schröer, Sebastian; Schulze, Sven

Research Report

Biokraftstoffe: Ziele, Chancen und Risiken

HWWI Policy Paper, No. 1-11

Provided in Cooperation with:

Hamburg Institute of International Economics (HWWI)

Suggested Citation: Bräuninger, Michael; Schröer, Sebastian; Schulze, Sven (2009) : Biokraftstoffe: Ziele, Chancen und Risiken, HWWI Policy Paper, No. 1-11, Hamburgisches WeltWirtschaftsInstitut (HWWI), Hamburg

This Version is available at:

<https://hdl.handle.net/10419/47673>

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.



Hamburgisches
WeltWirtschafts
Institut

Biokraftstoffe: Ziele, Chancen und Risiken

Michael Bräuninger, Sebastian Schröder, Sven Schulze

HWWI Policy

Paper 1-11
des

HWWI-Kompetenzbereiches
Wirtschaftliche Trends

Michael Bräuninger
Hamburgisches WeltWirtschaftsInstitut (HWWI)
Heimhuder Straße 71 | 20148 Hamburg
Tel +49 (0)40 34 05 76 - 330 | Fax +49 (0)40 34 05 76 - 776
braeuninger@hwwi.org

Sebastian Schröer
Hamburgisches WeltWirtschaftsInstitut (HWWI)
Heimhuder Straße 71 | 20148 Hamburg
Tel +49 (0)40 34 05 76 - 375 | Fax +49 (0)40 34 05 76 - 776
schroeer@hwwi.org

Sven Schulze
Hamburgisches WeltWirtschaftsInstitut (HWWI)
Heimhuder Straße 71 | 20148 Hamburg
Tel +49 (0)40 34 05 76 - 355 | Fax +49 (0)40 34 05 76 - 776
s-schulze@hwwi.org

HWWI Policy Paper
Hamburgisches WeltWirtschaftsInstitut (HWWI)
Heimhuder Straße 71 | 20148 Hamburg
Tel +49 (0)40 34 05 76 - 0 | Fax +49 (0)40 34 05 76 - 776
info@hwwi.org | www.hwwi.org
ISSN 1862-4960

Redaktionsleitung:
Thomas Straubhaar (Vorsitz)
Michael Bräuninger

© Hamburgisches WeltWirtschaftsInstitut (HWWI) | Januar 2009
Alle Rechte vorbehalten. Jede Verwertung des Werkes oder seiner Teile
ist ohne Zustimmung des HWWI nicht gestattet. Das gilt insbesondere
für Vervielfältigungen, Mikroverfilmung, Einspeicherung und Verarbei-
tung in elektronischen Systemen.

Studie im Auftrag von berlinpolis

Michael Bräuninger, Sebastian Schröer, Sven Schulze

Biokraftstoffe: Ziele, Chancen und Risiken

Version vom 14.07.2008

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis.....	3
Tabellenverzeichnis.....	3
1 Einleitung.....	4
2 Ziele des Ausbaus von Biokraftstoffen	5
3 Bisherige und potenzielle Entwicklungen im Bereich der Biokraftstoffe	15
3.1 Die bisherige Entwicklung in Deutschland und der EU.....	15
3.2 Die künftige Entwicklung und Potenziale in Deutschland und der EU	20
4 Nachhaltigkeitsaspekte	31
5 CO ₂ -Einsparpotenziale	36
6 Schlussfolgerungen	41
Literatur- und Quellenverzeichnis.....	42
Anhang	46

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Zielsystem des Ausbaus von Biokraftstoffen	5
Abbildung 2: Anteile der Energieträger am Primärenergieverbrauch	7
Abbildung 3: Biodiesel- und Bioethanolabsatz sowie Pflanzenölverbrauch in Deutschland 2000-2007 in Tausend t	16
Abbildung 4: Biodieselabsatz, Anteile nach Benutzergruppen in Deutschland 2007	17
Abbildung 5: Produktion und Produktionskapazitäten von Biodiesel und Bioethanol in Deutschland 2000-2007 in Tausend t	17
Abbildung 6: Anbauflächen für nachwachsende Rohstoffe in Deutschland 1995-2007 in Tausend ha	18
Abbildung 7: Verbrauchsprognose für Otto- und Dieselmotoren bis 2020 in Mio. t	21
Abbildung 8: Erforderliche Energiebereitstellung durch Biodiesel und Bioethanol sowie Deckungslücke gemäß Biokraftstoffquotengesetz in TJ, 2008-2015	22
Abbildung 9: Bedarf an Biodiesel und Bioethanol aufgrund der Mindestbeimischung und Bedarf an Bioethanol oder Biodiesel aufgrund der Gesamtquote in Mio. t, 2009-2015 ..	23
Abbildung 10: Flächenanbaupotenziale auf Ackerflächen in Deutschland 2010 und 2020 gemäß verschiedener Schätzungen in Mio. ha	26
Abbildung 11: Reale US-Dollar-Preise ¹ und globale Vorräte wichtiger Nahrungsmittel	32
Abbildung 12: Verhältnis von Anbaufläche und potenzieller Anbaufläche	34
Abbildung 13: Anbaufläche und potenzielle Anbaufläche in 1.000 ha (Daten von 2000 bzw. 2003)	35
Abbildung 14: Einsparung an kg CO ₂ e je l Biokraftstoff	37
Abbildung 15: Vermeidungskosten je t CO ₂ e in Euro	38
Abbildung 16: Vermeidungskostenvergleich erneuerbarer Energien in Deutschland 2020/2030 je t CO ₂ e in Euro	40

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Ausbauziele der EU im Biokraftstoffbereich	10
Tabelle 2: Biokraftstoffquotenziele in Deutschland 2008-2015	11
Tabelle 3: Mengen- und Flächenbedarfe zur Erreichung von Biokraftstoffzielen gemäß Biokraftstoffquotengesetz, Roadmap Biokraftstoffe und indikativem EU-Ziel, 2010 und 2015	24

1 Einleitung

Gegenwärtig dominieren in der energiepolitischen Diskussion die Themen Versorgungssicherheit und Klimawandel. Politisch und gesellschaftlich besteht dabei Konsens darüber, dass sowohl im Strom- und Wärmebereich als auch im Verkehrssektor Maßnahmen ergriffen werden sollen, um die Versorgungssicherheit zu verbessern und den Klimawandel und dessen Folgen zu mildern. Speziell im Verkehrssektor, insbesondere beim straßengebundenen Verkehr, werden aktuell nahezu ausschließlich Mineralölprodukte verwendet. Neben technologischen Maßnahmen im Fahrzeugbereich haben zuletzt zunehmend Biokraftstoffe als Alternative zu fossilen Kraftstoffen an Bedeutung gewonnen, um im Verkehrsbereich den beiden aktuellen energiepolitischen Hauptfragen zu begegnen.

Zu diesem Zweck haben viele Industrieländer mittlerweile ambitionierte Ausbauziele für den Biokraftstoffsektor definiert und diese mit weiteren politischen Fördermaßnahmen kombiniert. Allerdings sind Biokraftstoffe auch mit einer Reihe von Problemen verbunden, von denen einige jüngst öffentlich debattiert wurden. Biokraftstoffe weisen heterogene Eigenschaften auf und tragen damit im unterschiedlichen Ausmaß zur Erreichung ökonomischer und ökologischer Zielsetzungen bei. Zuletzt sind Biokraftstoffe auch deshalb in die Kritik geraten, weil sie wegen möglicher Nahrungsmittel- und Flächenkonkurrenzen für steigende Weltmarktpreise bei Agrarrohstoffen verantwortlich gemacht werden. Darüber hinaus tauchen vermehrt Nachhaltigkeitsbedenken auf.

Die vorliegende Studie setzt am Zielsystem an, das einer verstärkten Nutzung von Biokraftstoffen zugrunde liegt. Dabei werden diejenigen Zielkategorien identifiziert, mit denen ein weiterer Ausbau der Biokraftstoffe am ehesten zu rechtfertigen ist. Ferner wird der Frage nachgegangen, welche grundsätzlichen Chancen und Risiken mit einem vermehrten Biokraftstoffeinsatz einhergehen. Diese bestimmen letztlich, inwieweit die augenblicklich geäußerten Kritikpunkte stichhaltig sind. In diesem Zusammenhang wird demnach geklärt, welche (regionalen) Ausbaupotenziale für Biokraftstoffe noch bestehen, welche Nachhaltigkeitskriterien dabei zu berücksichtigen sind und wie schließlich die Umwelt- und CO₂-Bilanz der Biokraftstoffe und der fossilen Kraftstoffe ausfällt.

Im Folgenden werden zunächst die Ziele eines Ausbaus der Biokraftstoffe präsentiert und bewertet. Anschließend werden die bisherige und die potenzielle Entwicklung des Biokraftstoffsektors unter besonderer Berücksichtigung der Flächenerfordernisse für den Anbau von Agrarrohstoffen in Deutschland und Europa dargestellt. Danach werden die Nachhaltigkeitsaspekte beleuchtet, die im Zusammenhang mit dem Anbau von Agrarrohstoffen zur Biokraftstofferzeugung zu beachten sind, bevor mögliche CO₂-Minderungspotenziale aufgezeigt werden. Eine Zusammenfassung der wichtigsten Schlussfolgerungen schließt die Studie ab.

2 Ziele des Ausbaus von Biokraftstoffen

In diesem Kapitel erfolgt eine systematische Aufarbeitung der Ziele, die mit einem Ausbau der Nutzung von Biokraftstoffen verfolgt werden. Die identifizierten Ziele bilden den Ausgangspunkt für die Analyse in den darauf folgenden Kapiteln: Ihre Implikationen für die (künftige) Nachfrage- und Angebotssituation bei Biokraftstoffen werden in Kapitel 3 betrachtet. Eine Vertiefung der zu berücksichtigenden Nachhaltigkeitsaspekte bei der Verfolgung der Ziele wird in Kapitel 4 vorgenommen. In Kapitel 5 werden schließlich Überlegungen zur CO₂-Bilanzierung des Ausbaus von Biokraftstoffen angestellt. Im vorliegenden Kapitel wird zunächst auf die grundsätzlichen Ziele eingegangen, die zur Rechtfertigung (einer Förderung) des Einsatzes von Biokraftstoffen herangezogen werden. Dabei wird gegebenenfalls auf die Zusammenhänge zu späteren Kapiteln verwiesen. Danach werden kurz die angestrebten Biokraftstoffquoten im deutschen und im europäischen Kontext präsentiert. Abschließend erfolgt eine kritische Auseinandersetzung mit den allgemein postulierten Zielsetzungen und ihrer politischen Umsetzung.

Abbildung 1 gibt einen Überblick über die verschiedenen Zielfelder des Ausbaus von Biokraftstoffen.¹

Abbildung 1: Zielsystem des Ausbaus von Biokraftstoffen

Ökonomische Zielfelder	Ökologische Zielfelder
1. Energiepolitik	1. CO ₂ - und Klimaziele
2. Technologiepolitik	2. Schonung endlicher Ressourcen
3. Beschäftigungspolitik	
4. Agrarpolitik	
5. Entwicklungspolitik	

Quelle: Eigene Darstellung des HWWI.

¹ Vgl. zu den Zielfeldern im Einzelnen bzw. zu deren selektiver Darstellung BMU (2006a), S. 104, EU-Kommission (2006a, b), Linkohr (2003), IEA (2002), SRU (2007) und WBA (2007).

Zunächst zu den ökonomischen Zielfeldern. **Energiepolitisch** wird eine größere Versorgungssicherheit angestrebt. Unter einer Verbesserung der Versorgungssicherheit wird dabei vornehmlich eine geringere Importabhängigkeit, aber auch eine Verringerung des Anteils endlicher Ressourcen am gesamten energiebedingten Ressourcenverbrauch (Diversifizierung der Energieträger) verstanden. Dahinter steht die Überlegung, bei einer geringen inländischen Verfügbarkeit vor allem fossiler Rohstoffe eine höhere Autonomie gegenüber unsicheren Lieferländern zu erlangen. Damit einher geht der Wunsch nach einer stärkeren Diversifizierung der Energieträger, weil Abhängigkeiten von spezifischen Energiequellen vermindert werden sollen.

Eine Importabhängigkeit von fossilen Rohstoffen ist eindeutig gegeben: Im Jahre 2006 betrug der Anteil der Importe (genauer der Summe aus Einfuhr minus Ausfuhr minus Bunker) am Primärenergieverbrauch für Steinkohle 65,8 %, für Mineralöl 95,9 % und für Naturgase 84,2 %.² Im Mineralölbereich waren Russland (33,7 %), Norwegen (16,9 %), Großbritannien (12,1 %) und Libyen (11,3 %) die wichtigsten Lieferländer, die 74 % der Mineralölimporte nach Deutschland ausmachten. Hinzu kommt eine geringe inländische Verfügbarkeit fossiler Rohstoffe bei absehbarer statischer Reichweite: Die inländischen Vorkommen an Erdgas und Erdöl sind kaum von Bedeutung und hatten Anfang 2008 bei gegenwärtiger Förderung nur noch eine statische Reichweite von jeweils etwa 12 Jahren. Weltweit wird die statische Reichweite der sicher gewinnbaren Vorräte an (konventionellem) Erdöl auf 42 Jahre geschätzt; ein ähnlicher Wert ergibt sich für die nicht-konventionellen Erdölvorräte. Allerdings ist anzumerken, dass diese Schätzergebnisse in den letzten Jahren stets fast konstant geblieben sind.³

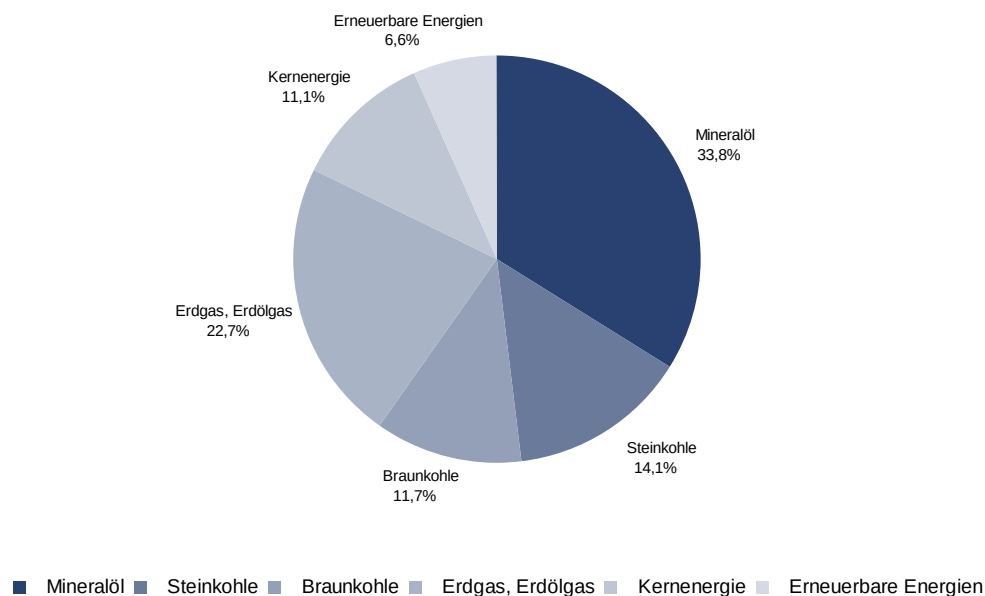
Die Bedeutung dieser Daten lässt sich an den Anteilen der Energieträger am Primärenergieverbrauch in Deutschland im Jahr 2007 ablesen. Diese sind in Abbildung 2 abgetragen und zeigen, dass über 82 % des deutschen Primärenergiebedarfs noch von fossilen Energieträgern gedeckt werden. Bei den erneuerbaren Energien entfällt der größte Teil mit 4,9 % des gesamten Primärenergieverbrauchs (und damit etwa 74 % der gesamten erneuerbaren Energien) auf die Biomasse.⁴ Allerdings war der Anteil der Biokraftstoffe am gesamten Primärenergieverbrauch mit 1,2 % sehr gering.

² Vgl. zu den Daten dieses Absatzes BMWi (2008).

³ Vgl. die Tabelle 2 in Bräuninger et al. (2005), S. 20.

⁴ Vgl. BMU (2008a). Zur Biomasse zählen dabei die feste, flüssige und gasförmige Biomasse, der biogene Anteil des Abfalls sowie Deponie- und Klärgase.

Abbildung 2: Anteile der Energieträger am Primärenergieverbrauch



Quelle: AG Energiebilanzen (2007).

Am gesamten Endenergieverbrauch von 9.423 PJ hatten 2007 erneuerbare Energien im Allgemeinen einen Anteil von 8,5 % und die Biomasse im Speziellen einen Anteil von 5,8 %.⁵ Am Endenergieverbrauch hatte der Verkehrssektor im Jahre 2006 einen Anteil von 28,5%. Bezogen auf den gesamten Straßenverkehr betrug der Anteil der Biokraftstoffe am Endenergieverbrauch 2006 wiederum 6,3 % (2007: 6,9 %). In 2007 entfielen 74,2 % (32,9 TWh) dieses Endenergieverbrauchs auf Biodiesel, 17,9 % (7,9 TWh) auf Pflanzenöle und 7,9 % (3,5 TWh) auf Bioethanol.⁶ Insgesamt ist die Bedeutung der Biokraftstoffe bezogen auf den gesamten Primär- und Endenergieverbrauch in Deutschland also noch als gering einzuschätzen. Dies erklärt zusätzlich die energiepolitischen Ausbau- und Diversifizierungsziele. Deren Realisierbarkeit wird in Kapitel 3 näher beleuchtet.

Technologiepolitisch wird von einem Ausbau von Biokraftstoffen der Aufbau eines tragfähigen neuen und innovativen Industriezweiges erwartet. Neben die industriepolitische Dimension einer erhofften Technologieführerschaft und daraus resultierenden Exportchancen tritt dabei gleichzeitig das Anliegen der **Beschäftigungspolitik**, im Inland dauerhaft zusätzliche Arbeitsplätze zu schaffen. Es ist jedoch davon auszugehen, dass andere (industrialisierte) Länder ähnliche technologie- und beschäftigungspolitische Ziele verfolgen und hier internationale Konkurrenzbeziehungen auftreten werden. Anhaltspunkte

⁵ Der Anteil biogener Kraftstoffe an der Endenergiebereitstellung durch Erneuerbare Energien betrug dabei ca. 20 % (44,4 TWh von insgesamt 222 TWh).

⁶ Vgl. BMU (2008a).

über die technologie- und beschäftigungspolitischen Effekte im Inland können die Umsätze und die Zahl der Beschäftigten sowie die internationale Bedeutung im Bereich der erneuerbaren Energien und der Biokraftstoffbranche liefern. Der Gesamtumsatz mit erneuerbaren Energien aus Investitionen und Betrieb betrug 2007 in Deutschland etwa 24,6 Mrd. Euro. Davon entfielen 9,9 Mrd. Euro bzw. 40 % auf den Bereich der Biomasse.⁷ Eine weitere Aufschlüsselung für den Bereich der Biokraftstoffe liegt derzeit nur für 2006 vor, wonach in diesem Bereich 3,2 Mrd. Euro umgesetzt wurden.⁸ Dem stehen jedoch die (in ihrer Gesamtheit nicht ermittelbaren) Ausgaben für staatliche Förderprogramme gegenüber.

Im internationalen Ethanol-Markt spielen weder Deutschland noch die EU eine signifikante Rolle. Im Jahre 2006 wurden weltweit 36,5 Mio. t Ethanol produziert. Auf die EU entfielen hiervon nur 1,95 Mio. t und auf Deutschland 0,61 Mio. t. Die internationale Vorrangstellung der USA (14,6 Mio. t) und Brasiliens (13,5 Mio. t) ist dabei einerseits auf die politische Förderung in den USA und andererseits auf eine längere historische Entwicklung bei günstigen lokalen Anbaubedingungen im Falle Brasiliens zurückzuführen. Ein deutliches Aufholen Deutschlands oder der EU in diesem Bereich erscheint auch mittelfristig unwahrscheinlich. Von der weltweiten Produktion von 7,5 Mio. t Biodiesel entfielen 6,1 Mio. t auf die EU und 2,7 Mio. t auf Deutschland.⁹ Hier haben also die EU und Deutschland derzeit eine internationale Führungsposition inne, die im Wesentlichen auf (bisherige) Fördermaßnahmen zurückzuführen ist. Aufgrund der begrenzten inländischen Anbaupotenziale dürfte diese in Deutschland künftig aber weniger im Anbau- als im Technologiebereich ausbaufähig sein.

Die Beschäftigung, die sich im Bereich der erneuerbaren Energien ergibt, ist schwer abzuschätzen, denn neben der direkten Beschäftigung in den Unternehmen resultieren indirekte Beschäftigungseffekte durch Vorleistungsverflechtungen und Lieferbeziehungen. Beides kann mittels einer Input-Output-Analyse ermittelt werden. In einer vom BMU initiierten Untersuchungsreihe wird die Bruttobeschäftigung im Biomassebereich in den Jahren 2004 bzw. 2007 mit 56.800 bzw. 96.100 Beschäftigten angegeben. Für den Bereich der Biokraftstoffe alleine ergaben sich in 2007 28.500 Beschäftigte.¹⁰ Bräuninger et al. (2007a, S. 22) schätzen, dass sich im Biomassebereich in 2020 eine Beschäftigtenzahl von etwa 174.000 ergibt. Bei konstanten Anteilen der einzelnen Biomassesektoren resultieren hieraus etwa 51.600 Beschäftigte im Biokraftstoffbereich. Allerdings bleibt die Frage unbeantwortet, ob eine anderweitige Verwendung von Fördermitteln stärkere Auswirkungen am Arbeitsmarkt

⁷ Vgl. BMU (2007a, 2008b).

⁸ Vgl. FNR (2007).

⁹ Vgl. WBA (2007), Tabelle 4.23, S. 125. Nähere Informationen zu den Produktionskapazitäten und den Anlagenbetreibern liefern die Daten in FNR (2006), S. 88-92.

¹⁰ Vgl. BMU (2006b, 2008c). Insgesamt wurden für den gesamten Bereich der erneuerbaren Energien Beschäftigtenzahlen von 160.500 (2004) und 249.300 (2007) errechnet.

hätte. Das beschäftigungspolitische Argument erweist sich als Begründung für den Ausbau von Biokraftstoffen im Speziellen demnach als eingeschränkt stichhaltig. Es können zwar Beschäftigungseffekte generiert werden; jedoch sind diese gesamtwirtschaftlich betrachtet von relativ geringer Bedeutung. Regional bedeutsame Effekte sind dabei aber denkbar. Hinsichtlich des internationalen Technologiewettbewerbs lässt sich noch keine endgültige Aussage treffen. Die zügige Expansion des Biokraftstoffsektors in den letzten Jahren ist aber nicht zuletzt getrieben durch Innovationen und F&E-Anstrengungen, was eine international günstige Wettbewerbsposition in diesem Technologiebereich mit sich bringen dürfte.

Agrarpolitisch werden Biokraftstoffe als Option gesehen, in der Landwirtschaft (oder ländlichen Gebieten) Beschäftigung zu schaffen oder zu erhalten und Diversifizierungsmöglichkeiten im Anbau sowie neue Absatzchancen im Segment der Energiepflanzen zu schaffen.¹¹ Inwieweit dieses Ziel begründbar erscheint, hängt von den nationalen und internationalen Ausbauzielen, den Flächenpotenzialen und den möglichen Produktivitäts- und Kapazitätsentwicklungen ab.

Entwicklungspolitisch wird – lediglich auf internationaler Ebene – ähnlich argumentiert wie hinsichtlich der deutschen und europäischen Agrarpolitik. Entwicklungs- und Schwellenländern mit entsprechenden Flächen- und (klimatischen) Anbaupotentialen soll die Möglichkeit eröffnet werden, energetisch nutzbare Agrarrohstoffe verstärkt anzubauen, lokal zu nutzen und/oder zu exportieren.¹² Dies steht allerdings unter dem Vorbehalt eines nachhaltigen Anbaus und der Vermeidung einer Nutzungskonkurrenz zur Nahrungsmittelproduktion. Diese Punkte werden in den Kapiteln 3 bis 5 vertiefend aufgegriffen.

Im Folgenden nun zu den ökologischen Zielfeldern. Der Beitrag menschlichen Handelns zum fortschreitenden **Klimawandel** gilt mittlerweile als weitgehend unumstritten.¹³ Zwar besteht über das zu erwartende Ausmaß der ökologischen und ökonomischen Folgen Unklarheit. Über die Notwendigkeit weit reichender Maßnahmen besteht jedoch international größtenteils Einigkeit. Dies manifestiert sich in der auf das Kyoto-Protokoll zurückgehenden Festlegung von internationalen und nationalen CO₂-Zielen. Biokraftstoffe bieten als Ersatz oder Ergänzung von fossilen Brennstoffen im Verkehrsbereich die Möglichkeit, einen Beitrag zur Erreichung der CO₂-Reduktionsziele zu leisten. Allerdings genügt es hierbei nicht, nur die CO₂-Emissionen in der Verbrennung selbst zu vergleichen. Stattdessen ist stets eine Betrachtung des gesamten Produktionsprozesses vom Anbau bis zum Einsatz als Treibstoff nötig (well-to-wheel-Analyse). Ferner zu berücksichtigen ist, inwieweit veränderte

¹¹ Vgl. EU-Kommission (2006a).

¹² Vgl. z.B. WBSCD (2007).

¹³ Vgl. Stern-Report (2006), IPCC (2007).

Flächennutzungen – beispielsweise bei der Rodung von Wäldern zur Gewinnung von Anbauflächen – die CO₂- und die Ökobilanz insgesamt beeinflussen. Sofern die Ergebnisse in diesem Zusammenhang zugunsten der Biokraftstoffe ausfallen, spricht dies bei Einhaltung der Nachhaltigkeitsrestriktionen für deren weiteren Ausbau.

Die **Schonung endlicher Ressourcen** und der gesellschaftliche Umbau zu einer nachhaltigen Energieversorgung wurde bereits bei den ökonomischen Zielfeldern thematisiert. Die wesentlichen Ergebnisse und Schlussfolgerungen im Hinblick auf die ökologischen Zielfelder werden in den Kapiteln 4 und 5 präsentiert und bewertet.

Die grundsätzlichen Zielfelder dienen als Begründung für die politische Festlegung von Ausbauzielen für Biokraftstoffe. Zu unterscheiden sind die Ausbauziele der EU und die Umsetzung dieser Vorgaben in Deutschland.

Tabelle 1 gibt zunächst die EU-Ziele im Kraftstoffbereich wieder.

Tabelle 1: Ausbauziele der EU im Biokraftstoffbereich

Bezugsgröße	Zeitpunkt	EU-Ziel in %	Grundlage
Anteil erneuerbarer Energien am Endenergieverbrauch der EU	2020	20	Vorschlag für eine Richtlinie des Europäischen Parlaments und des Rates zur Förderung der Nutzung von Energien aus erneuerbaren Quellen, (KOM(2008) 19 final vom 23. Januar 2008)
Anteil der Biokraftstoffe am Kraftstoffverbrauch	2005	2	RL 2003/30/EG vom 8. März 2003 zur Förderung der Biokraftstoffe und anderer erneuerbarer Kraftstoffe für den Transport
	2010	5,75	
	2015	8	Europäischer Rat, März 2006
Anteil alternativer Kraftstoffe am Kraftstoffverbrauch (im Wesentlichen Biokraftstoffe)	2020	10	Vorschlag für eine Richtlinie des Europäischen Parlaments und des Rates zur Förderung der Nutzung von Energien aus erneuerbaren Quellen, (KOM(2008) 19 final vom 23. Januar 2008)

Das in Kürze anstehende Ziel ist demnach eine Realisierung des Anteils von Biokraftstoffen am Kraftstoffverbrauch (bezogen auf den Energieanteil) im Jahre 2010 von 5,75 %. Als ambitioniert sind die Ziele für das Jahr 2020 einzuschätzen, nach denen der Anteil alternativer Kraftstoffe am Kraftstoffverbrauch im Straßenverkehr bei 10 % liegen soll.

Neben diesen Quotenvorgaben stellen Subventionen das gängigste weitere Förderinstrument dar. Mit der Reform der Gemeinsamen Europäischen Agrarpolitik (GAP)

wurde eine Anbauprämie von 45 Euro pro ha eingeführt, wobei die gesamte förderungsfähige Fläche auf 1,5 Mio. ha in der EU begrenzt ist. Die Prämie würde bei einer antragsbedingten Überschreitung dieser maximal garantierten Fläche proportional aufgeteilt.¹⁴ Darüber hinaus gelten Ausnahmeregelungen für den Biomasseanbau auf Stilllegungsflächen.¹⁵

In Deutschland bilden das Energiesteuergesetz (EnergieStG) vom 1. August 2006 und das Biokraftstoffquotengesetz (BioKraftQuG) vom 18. Dezember 2006 mit Wirkung zum 1. Januar 2007 die Grundlage für die nationalstaatliche Umsetzung zur Erreichung der EU-Ziele.

Die folgende Tabelle stellt die angestrebten Quoten gemäß Biokraftstoffquotengesetz zusammen.¹⁶

Tabelle 2: Biokraftstoffquotenziele in Deutschland 2008-2015

Jahr	Quote Dieselmotorkraftstoff in Energie-% (Volumen-%)	Quote Ottomotorkraftstoff in Energie-% (Volumen-%)	Gesamtquote in Energie-%
2008	4,4 (4,8)	2,0 (3,1)	-
2009	4,4 (4,8)	2,8 (4,3)	6,25
2010	4,4 (4,8)	3,6 (5,6)	6,75
2011	4,4 (4,8)	3,6 (5,6)	7,00
2012	4,4 (4,8)	3,6 (5,6)	7,25
2013	4,4 (4,8)	3,6 (5,6)	7,50
2014	4,4 (4,8)	3,6 (5,6)	7,75
2015	4,4 (4,8)	3,6 (5,6)	8,00

Quelle: BMF (2007), eigene Berechnungen.¹⁷

Die Quotenregelung ersetzte die vorherige Mineralölsteuerbefreiung für alle biogenen Anteile an den fossilen Kraftstoffen. Seit Anfang 2007 entfällt damit auf beigemischte und auf die Quote angerechnete Biokraftstoffe der jeweils volle Steuersatz (von 47,04 Cent pro Liter bei Dieselmotorkraftstoffen und 65,45 Cent pro Liter bei Ottomotorkraftstoffen). Gemäß Energiesteuergesetz werden bis 2011 Pflanzenöle und B100 degressiv steuerbegünstigt und danach bis 2015 mit 2 Cent/l. Weiterhin sind für besonders förderungswürdige Biokraftstoffe (Bioethanol mit

¹⁴ Die genannte Anbauprämie ist als recht gering einzuschätzen: Bei aktuellen Erzeugerpreisen von etwa €400/t Raps und €200/t Weizen und durchschnittlich zu erwartenden Erträgen von 3,5t/ha bzw. 7t/ha ergäben sich aus dem Anbau jeweils Erlöse von €1.400/ha. Die 45 Euro pro ha entsprechen nur 3 % dieser Erlöse. Ferner sind die unterstützten Gesamtflächen von 2004 (300.000 ha) bis 2006 (1.200.000 ha) schon stark gestiegen, so dass künftig bei proportionaler Aufteilung der Prämien mit einer noch geringeren Unterstützung pro ha zu rechnen ist.

¹⁵ Vgl. SRU (2007), S. 84 und EU-Kommission (2006b), S. 13f.

¹⁶ Die Klimaagenda 2020 der Bundesregierung [BMU (2007b)] deklariert zudem das Ziel einer Gesamtquote von (energetisch) 17 % für das Jahr 2020 als erreichbar und politisch wünschenswert.

¹⁷ Die Energiegehalte lauten: Fossiler Dieselmotorkraftstoff 35,87 MJ/l, Biodiesel 32,65 MJ/l, fossiler Ottomotorkraftstoff 32,48 MJ/l und Bioethanol 21,06 MJ/l. Siehe beispielsweise FNR (2006).

Ethanol-Anteil zwischen 70% und 90%, synthetische Biokraftstoffe der zweiten Generation und Bioethanol aus Zellulose) Steuerentlastung bis 2015 vorgesehen.¹⁸

Mit der sogenannten Roadmap Biokraftstoffe vom 14.11.2007¹⁹ wurde eine weitere, über die zuvor genannten Quoten hinausgehende Förderung durch eine Erhöhung der Beimischungsgrenzen vereinbart. Statt den bisher zulässigen (normgerechten) Beimischungen E5 und B5 (Beimischungen von 5 Volumen-% Ethanol bei Ottokraftstoffen und Biodiesel bei Dieselmotorkraftstoffen) sollten zum Jahr 2009 die Beimischungen E10 und B7 von der Automobilindustrie frei gegeben werden. Dies war weniger den ursprünglichen Zielen eines Ausbaus der Biokraftstoffe geschuldet als zum einen den Ausbauinteressen der Landwirtschaft und zum anderen den Interessen der deutschen Automobilindustrie auf diesem Wege der EU-Vorgabe Genüge zu tun, dass Automobile ab dem Jahre 2012 nur noch 120 g CO₂ pro km ausstoßen dürfen. In den ersten Monaten des Jahres 2008 stellte sich allerdings heraus, dass deutlich weniger Bestandsfahrzeuge – insbesondere ausländischer Hersteller – E10-verträglich wären als ursprünglich angenommen. Da die entsprechenden Fahrzeuge mit dem teureren Kraftstoff SuperPlus betankt werden müssten, wurde die sogenannte Biosprit-Verordnung von Bundesumweltminister Sigmar Gabriel am 4. April 2008 gestoppt. Damit einher geht einerseits ein Festhalten an der Einführung von B7, aber andererseits eine Nichteinführung von E10 und ein Festhalten an E5. Gleichzeitig wird damit – de facto aber nicht beschlossenerweise - die Gesamtquote für 2009 auf 5 % reduziert, ohne jedoch vom langfristigen Ziel einer Gesamtquote von 10 % im Jahr 2020 abzuweichen. Eine Aussage zum Ziel für das Jahr 2010 steht bisher aus. Allerdings steht vermutlich bei einer schnellen Einführung von B7 der Erfüllung des EU-Ziels von 5,75 % nichts im Wege. Zudem dürfte ein weiterer Ausbau der reinen Biokraftstoffe wie B100 hierzu einen Beitrag leisten.

Neben den Quotenvorgaben besteht eine Reihe weiterer Fördermaßnahmen für den Ausbau von nachwachsenden Rohstoffen zur Energieerzeugung im Allgemeinen und Biokraftstoffen im Speziellen. Diese reichen von Investitionshilfen und Kreditprogrammen für die Landwirtschaft oder den Anlagenbau bis hin zu Produktionserstattungen für bestimmte Agrarrohstoffe wie Stärke und Zucker.²⁰

¹⁸ Vgl. FNR (2008).

¹⁹ Hierbei handelt es sich um eine gemeinsame Strategie vom Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU), dem Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (BMELV), dem Verband der Automobilindustrie (VDA), dem Mineralölwirtschaftsverband (MWV), der Mittelständischen Mineralöl- und Energiewirtschaft (MEW, ehemals Interessengemeinschaft mittelständischer Mineralölverbände (IG)), dem Verband der Deutschen Biokraftstoffindustrie (VDB) und dem Deutschen Bauernverband (DBV).

²⁰ Vgl. FNR (2007), S. 61-66 für einen Überblick über einige Förderprogramme und SRU (2007), S. 86-89 für eine kritische Auseinandersetzung mit den Förderinstrumenten.

Abschließend soll geklärt werden, wie die Ziele sowie deren Festlegung einzuschätzen sind und welche Problemfelder sich im Allgemeinen ergeben. Die tatsächlich festgelegten Beimischungsquoten orientieren sich im Wesentlichen am politisch Machbaren und Wünschenswerten sowie zum kleineren Teil am technisch Möglichen. Eine Einbettung in eine Gesamtstrategie, die auf effiziente (möglichst marktkonforme) Weise den einzelnen Energieanwendungsbereichen CO₂-Reduktionsziele nach den dortigen Potenzialen von erneuerbaren Energien zuweist, lässt sich nicht erkennen. Im weiteren Verlauf der Studie wird jedoch hingenommen, dass ein Beitrag des Verkehrssektors zur Reduktion des gesamtwirtschaftlichen CO₂-Ausstoßes politisch erwünscht ist, obwohl sich die stationäre Nutzung von Biomasse zur Strom- und Wärmeerzeugung als kosten- und CO₂-effizienter erweist als der Einsatz von Biokraftstoffen im Mobilitätsbereich.²¹ Dies findet seine Berechtigung in der nahezu exklusiven Abhängigkeit des Verkehrssektors von fossilen Brennstoffen.

Eine Aussage zur ökologischen Zielgenauigkeit der Förderung von Biokraftstoffen lässt sich nicht treffen. Dies wäre nur möglich, wenn mit den Zielquoten die damit angestrebten CO₂-Ziele bekannt gegeben würden. Dies ist jedoch nicht der Fall, so dass die Biokraftstoffausbauziele und die CO₂-Ziele letztlich nur argumentativ und nicht quantitativ verbunden sind.

Der gewählte Ansatz, Biokraftstoffe mittels einer Quotenregelung zu fördern, birgt die Gefahr von Ineffizienzen. Sofern nicht nur Ausbauziele, sondern auch CO₂-Internalisierungsziele verfolgt werden sollen, ist deren Erreichen unklar, weil der Zusammenhang zwischen dem realisierten Ausbau der Verwendung von Biokraftstoffen und der CO₂-Reduktion nur vage ist. Ferner bieten Quotenregelungen nur geringe Anreize zu statischer und dynamischer Effizienz. Dies liegt daran, dass den Produzenten durch die Quoten Absatzmengen garantiert werden und damit geringe Anreize bestehen, neue und kostensenkende Produktionsmethoden zu implementieren. Grundsätzlich sollte sich eine Förderpolitik stärker an der Markt- und Konkurrenzfähigkeit sowie den technologischen Potenzialen eines Produktes orientieren statt an Absatzzielen. In diesem Zusammenhang scheinen finanzielle Anreize, beispielsweise durch steuerliche Förderungen, deshalb besser zu sein. Dem Effekt möglicher hoher fiskalischer Kosten könnte durch eine differenzierte und degressive Ausgestaltung der steuerlichen Förderung entgegen gewirkt werden. Die Differenzierung der steuerlichen Förderung sollte sich einerseits danach richten, welche CO₂-Einsparpotentiale der zugrunde liegende Agrarrohstoff bietet. Damit wären beispielsweise Biokraftstoffe der zweiten Generation und Biodiesel aus Raps stärker (aber untereinander wiederum unterschiedlich) zu fördern als Bioethanol aus Getreide. Die steuerliche Förderung ist

²¹ Vgl. SRU (2007) und WBA (2007).

andererseits degressiv auszugestalten, so dass diese im Zeitablauf abnimmt und nach – vom heutigen Standpunkt aus betrachtet – etwa drei bis fünf Jahren ausläuft. Damit werden zum einen Anreize zu Kostensenkungen geschaffen, weil eine allmählich auslaufende Förderung eine graduell einsetzende eigenständige Wettbewerbsfähigkeit des jeweiligen Biokraftstoffes erfordert. Zum anderen werden durch die zeitliche Begrenzung denkbare Mitnahmeeffekte eingedämmt. Denkbar erscheint aber auch eine Parallelität beider Instrumente, um die Effizienzproblematik der Quotenvorgaben zumindest zu lindern. An die Stelle der Gesamtquote gemäß Biokraftstoffquotengesetz könnte dann eine differenzierte und degressive steuerliche Förderung treten. Diese könnte zudem deutlich geringer ausfallen als im Falle einer alleinigen finanziellen Förderung, was das fiskalische Risiko weiter verringert.

Es zeigt sich, dass hinsichtlich der Realisierbarkeit und der Folgenabschätzung der Biokraftstoffausbauziele noch offene Fragen bestehen. Insbesondere sind die Flächenerfordernisse abzuschätzen sowie nationale und internationale Nachhaltigkeitsaspekte zu beleuchten. Diese Themenstellungen werden in den beiden folgenden Kapiteln aufgegriffen.

3 Bisherige und potenzielle Entwicklungen im Bereich der Biokraftstoffe

Die Kraftstoffnachfrage insgesamt wird durch das Verkehrsaufkommen bestimmt. Der im Folgenden interessierende Anteil der Biokraftstoffe ergibt sich aus den zu realisierenden Beimischungsquoten.²² Bisher ist dieser Anteil gering. Für die weitere Entwicklung sind grundsätzlich die relativen Preise der Biokraftstoffe im Vergleich zu anderen (fossilen) Kraftstoffen relevant. Dies betrifft die über den Pflichtanteil hinausgehenden Mengen und die Konkurrenzbeziehungen von reinen Biokraftstoffen oder von reinen Biokraftstoffen zu fossilen Kraftstoffen.

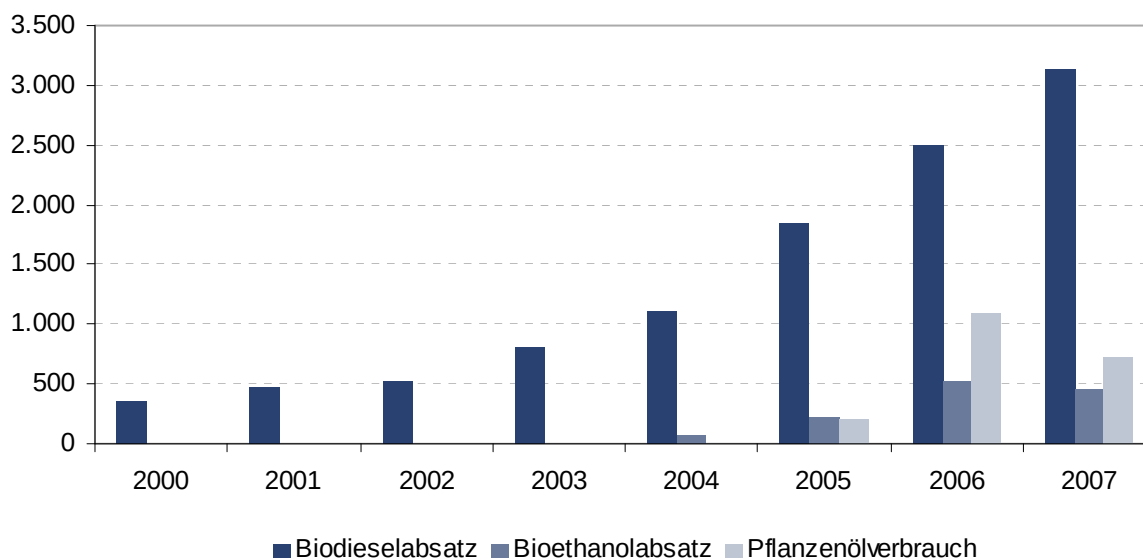
Das Angebot bzw. die Produktion an Biokraftstoffen wird von einer Reihe von Faktoren bestimmt. Dabei ist für die Anbieter eine weitgehende Planungssicherheit gegeben, da die nachgefragten Mengen über Beimischungsquoten in einem gewissen Umfang garantiert werden. Inwieweit diese Mengen allerdings (im Inland) produziert werden können, hängt von den insgesamt nutzbaren Anbauflächen für Agrarrohstoffe ab. Deren Umfang wird dabei wesentlich von Nachhaltigkeits- und Umweltschutzzielen determiniert. Außerdem ist zu berücksichtigen, dass sowohl die Produktivitäten von Flächen als auch die Energiegehalte der Agrarrohstoffe variieren. Aus Flächenauslastung und Produktivität ergibt sich das (mögliche) Angebot an Biomasse. Für das Angebot an Biokraftstoffen müssen ferner die (vorhandenen und potenziellen) Kapazitäten und Produktivitäten von Anlagen zur Umwandlung von Biomasse zu Kraftstoffen berücksichtigt werden. Die Bedingungen auf den einzelnen Stufen der Produktionskette bestimmen die Produktionskosten der Biokraftstoffe. Die Relationen der Produktionskosten der Biokraftstoffe untereinander und der Biokraftstoffe zu den fossilen Kraftstoffen geben schließlich Auskunft über die Wettbewerbsfähigkeit der verschiedenen Kraftstoffe.

3.1 Die bisherige Entwicklung in Deutschland und der EU

In den letzten Jahren hat sich insbesondere der Absatz von Biodiesel sehr dynamisch entwickelt. Dagegen hat der des Bioethanols zuletzt stagniert. Die Entwicklung wird in Abbildung 3 dargestellt.

²² Darüber hinaus werden Biokraftstoffe als reine Kraftstoffe verwendet.

Abbildung 3: Biodiesel- und Bioethanolabsatz sowie Pflanzenölverbrauch in Deutschland 2000-2007 in Tausend t



Quellen: UFOP, FNR (2007).

In 2007 entfielen auf den gesamten Absatz von 4,32 Mio. t an Biokraftstoffen 3,13 Mio. t (72,5 %) auf Biodiesel, 0,46 Mio. t auf Bioethanol (10,6 %) und 0,73 Mio. t (16,8 %) auf Pflanzenöle. Ausgedrückt in Energieanteilen entsprach dies 74,2 % für Biodiesel, 7,9 % für Bioethanol und 17,9 % für Pflanzenöle.²³

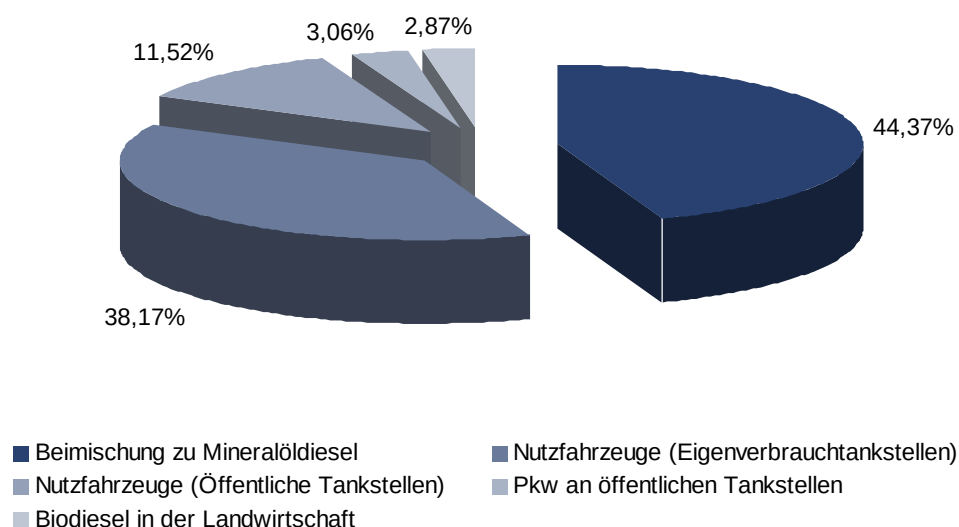
Bezogen auf den gesamten Primärkraftstoffverbrauch in Deutschland in 2007 von 54,7 Mio. t erreichte Biodiesel einen Anteil von 5,7 %, Bioethanol einen Anteil von 0,8 % und Pflanzenöle einen Anteil von 1,3 %. Auf Dieselkraftstoffe entfielen 53,2 % und auf Ottokraftstoffe 38,9 %. Hinsichtlich der Energieäquivalente lagen die Anteile mit 5,1 % (Biodiesel), 0,5 % (Bioethanol) und 1,2 % (Pflanzenöle) etwas niedriger.²⁴

Für den Biodieselabsatz als bedeutsameren Bereich der in Deutschland abgesetzten Biokraftstoffe verdeutlicht die folgende Abbildung, dass in 2007 nur 44,4 % des Biodieselabsatzes auf die Beimischung entfiel. Von insgesamt größerer Bedeutung war der Absatz im Nutzfahrzeugbereich und mithin die Verwendung als Reinkraftstoff B100. Trotzdem machte der Anteil der Beimischung am Dieselkraftstoffabsatz des Jahres 2007 4,7 % aus, so dass eine Erfüllung der angestrebten Beimischungsquote gegeben war.

²³ Vgl. UFOP (2008) und BMU (2008a).

²⁴ Im Folgenden wird auf die Pflanzenöle nicht weiter eingegangen, da sie nicht Gegenstand der Quotenvorgaben der EU und des Biokraftstoffquotengesetzes sind. Als Reinkraftstoff unterliegen sie allerdings bis 2011 noch einer degressiven steuerlichen Förderung.

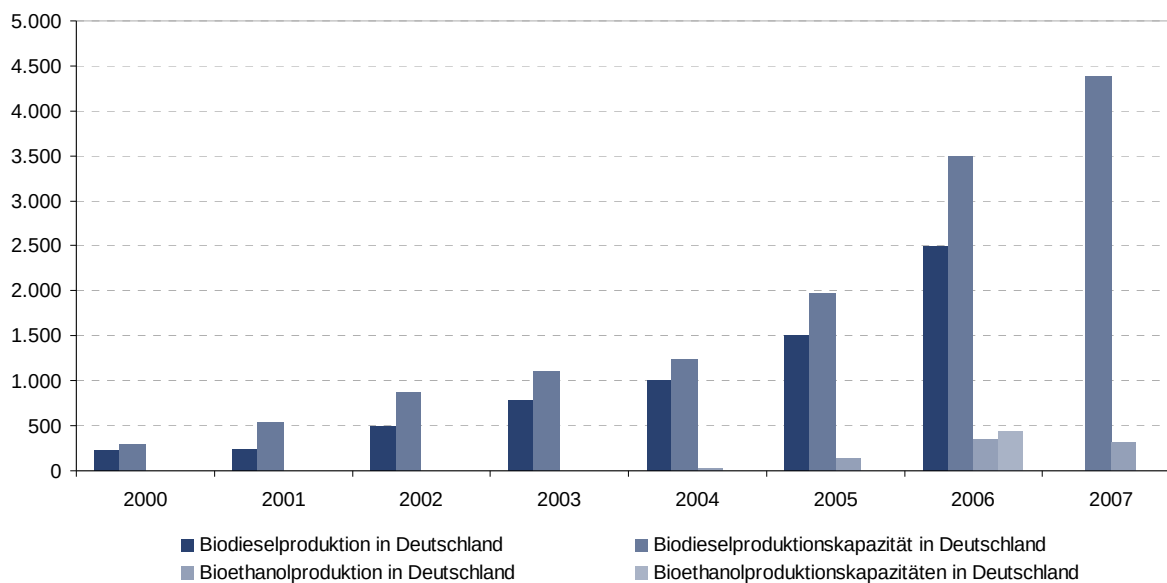
Abbildung 4: Biodieselsabsatz, Anteile nach Benutzergruppen in Deutschland 2007



Quelle: Eigene Berechnung aus den Daten von AGQM ([http://www.agqm-biodiesel.de/ 1 135.html](http://www.agqm-biodiesel.de/1_135.html), Abruf am 19.05.2008).

Neben den Absatzzahlen sind die Daten zur bisherigen Produktion der Biokraftstoffe sowie den Produktionskapazitäten im Sinne von Konversionsanlagen von Interesse. Die folgende Abbildung verdeutlicht beide Entwicklungen.

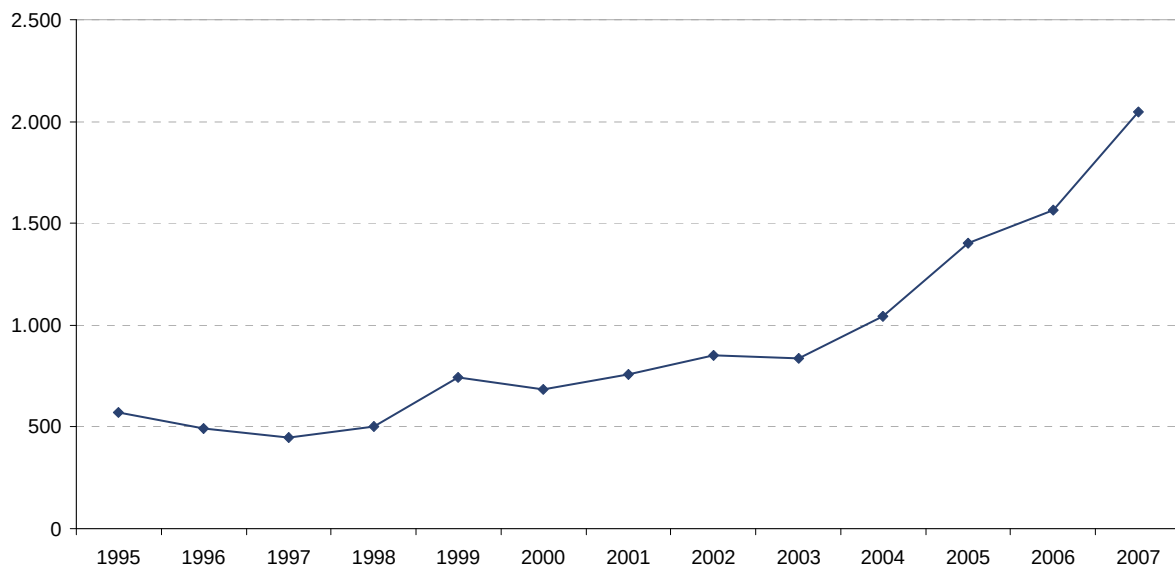
Abbildung 5: Produktion und Produktionskapazitäten von Biodiesel und Bioethanol in Deutschland 2000-2007 in Tausend t



Quellen: UFOP, FNR (2007), LAB, iwr, eigene Berechnungen.

Es zeigt sich, dass die Biodieselproduktionskapazitäten systematisch über der tatsächlichen Produktion (und dem Absatz) liegen. Die Kapazitäten haben dabei mittlerweile fast 4,4 Mio. t Biodiesel erreicht. Ebenso wie der Absatz für Bioethanol ist die Produktion und die Produktionskapazität in diesem Bereich noch gering. Ende 2006 standen einer Produktion von 340.000 t Kapazitäten von 430.000 t gegenüber.²⁵ Berücksichtigt man die Anfang Januar 2007 in Bau befindlichen Anlagen und unterstellt eine Vollausslastung der zu jenem Zeitpunkt bereits vorhandenen Anlagen, so ergibt sich eine Produktionskapazität von etwa 740.000 t. In Planung befanden sich Anfang 2007 ferner zehn Anlagen mit einer Gesamtkapazität zwischen 840.000 und 1.000.000 t.

Abbildung 6: Anbauflächen für nachwachsende Rohstoffe in Deutschland 1995-2007 in Tausend ha



Quellen: FNR (2008), BMELV, www.inaro.de.

Für die Produktion der Biokraftstoffe ist ein entsprechender Input an Agrarrohstoffen zur Umwandlung notwendig. Deren Anbau nimmt umfangreiche Flächen in Anspruch. Die Flächennutzung für den Anbau nachwachsender Rohstoffe ist dabei in den vergangenen Jahren stark ausgedehnt worden. Dies wird in der Abbildung 6 deutlich.²⁶ Es ist darauf hinzuweisen, dass beispielsweise in 2007 etwa 1,8 Mio. ha der Anbaufläche von 2,0 Mio. ha

²⁵ Hinsichtlich der Kapazitäten wird dabei jeweils nur das Minimum der jeweiligen Anlagen unterstellt.

²⁶ Um die Größenordnungen einordnen zu können, sei auf die folgenden Flächendaten Deutschlands hingewiesen (siehe http://www.statistik-portal.de/Statistik-Portal/de_jb09_jahrtab1.asp, Abruf am 19.05.2008): Die Gesamtfläche Deutschlands beträgt 35,7 Mio. ha. Davon entfielen im Jahr 2004 10,6 Mio. ha auf Waldflächen und 18,9 Mio. ha (2007: 16,8 Mio. ha) zählten zur landwirtschaftlichen Nutzfläche. Hiervon wiederum zählten laut FNR in 2007 etwa 11,8 Mio. ha zur Ackerfläche und 5,0 Mio. ha zum Grünland.

für Energiepflanzen und der Rest für Industriepflanzen verwendet wurden. Davon entfielen etwa 1,1 Mio. ha (also 54,8 % der gesamten Fläche) auf den Anbau von Raps für Biodiesel und Pflanzenöl und 250.000 ha (also 12,2 % der gesamten Fläche) auf den Anbau von Zucker und Stärke für Ethanol.²⁷ Damit werden bisher bereits 8 % der landwirtschaftlichen Nutzfläche und 11,4 % der Ackerflächen in Deutschland für den Anbau von nachwachsenden Rohstoffen für Biokraftstoffe genutzt.

Um die deutsche Position im internationalen Biokraftstoffsektor einschätzen zu können, nun noch einige Vergleichsdaten.

Deutschland war im Jahr 2006 der mit Abstand größte Verbraucher von Biokraftstoffen (als Summe aus Biodiesel und Bioethanol) in der Europäischen Union. Vom Gesamtverbrauch von 4,7 Mio. t entfielen 57,4 % auf Deutschland.²⁸

Auch im Produktionsbereich nimmt Deutschland im EU-Vergleich die Spitzenposition ein. Der Anteil der Biodieselproduktion an der EU-Gesamtproduktion von 4,9 Mio. t betrug 2006 54,4 %. Ähnlich war die Situation 2007 im Bereich der Biodieselproduktionskapazitäten. Diese betrugen 10,3 Mio. t, wovon 42,4 % in Deutschland beheimatet waren. Die Bioethanolproduktion ist in der EU weniger stark ausgeprägt als die Biodieselproduktion. Von der EU-Gesamtproduktion von 1,2 Mio. t entfielen 2006 27,5 % auf Deutschland, 25,7 % auf Spanien und 16 % auf Frankreich.²⁹ Verlässliche zusammengefasste Daten zu den Bioethanolkapazitäten in der EU liegen bislang nicht vor.

Die geschätzte Flächennutzung zum Anbau von Biomasse zur energetischen Nutzung betrug 2005 in der EU etwa 3,6 Mio. ha.³⁰ Aufgrund der dynamischen Entwicklung in der jüngeren Zeit dürften die gegenwärtigen (noch nicht verfügbaren) Zahlen signifikant höher liegen.

Im weltweiten Vergleich spielt die Bioethanolproduktion in der EU und damit auch in Deutschland nur eine untergeordnete Rolle. 2006 trug die EU mit 5,5 % zur weltweiten Bioethanolproduktion von 36,5 Mio. t bei. Im Gegensatz dazu wird Biodiesel vornehmlich in der EU und dabei vor allem in Deutschland produziert. 2006 entfielen alleine auf Deutschland 35,5 % der weltweiten Biodieselproduktion und weitere 45,4 % auf die EU ohne Deutschland.³¹

²⁷ Vgl. die Daten in FNR (2007), Abbildung 3, Seite 12.

²⁸ Eigene Berechnung anhand der Daten in EurObserv'ER (2007).

²⁹ Eigene Berechnungen anhand der Daten des European Biodiesel Board unter <http://www.ebb-eu.org/stats.php> (Abruf am 20.05.08).

³⁰ Vgl. EEA (2007), S. 14.

³¹ Eigene Berechnungen aus den Daten in WBA (2007), Tabelle 4.23, S. 125.

Die relativen Positionen der einzelnen Länder und Regionen werden determiniert von der jeweiligen politischen Förderung und den lokalen Produktionsbedingungen. Beide wirken letztlich auf die Herstellungskosten der Biokraftstoffe zurück, wobei die nicht-finanzielle politische Förderung nur einen indirekten Einfluss hat. Laut FNR (2006) lagen die Produktionskosten für Ethanol in Deutschland 2005 – je nach verwendetem Agrarrohstoff – zwischen 0,47 und 0,64 Euro pro Liter. In der EU betrug das Kostenintervall zwischen 0,35 und 0,80 Euro. Dagegen lagen die Produktionskosten in den USA mit 0,29 Euro und in Brasilien mit 0,20-0,25 Euro deutlich niedriger. 2005 wurden nur in der EU signifikante Biodieselmengen produziert, weil dem hohen Nachfragewachstum durch eine gezielte Förderung begegnet wurde. Die Kostenspanne in der EU lag dabei zwischen 0,53 und 1,37 Euro pro Liter. In Deutschland betrugen die Herstellungskosten für Biodiesel (aus Raps) 0,63 Euro.

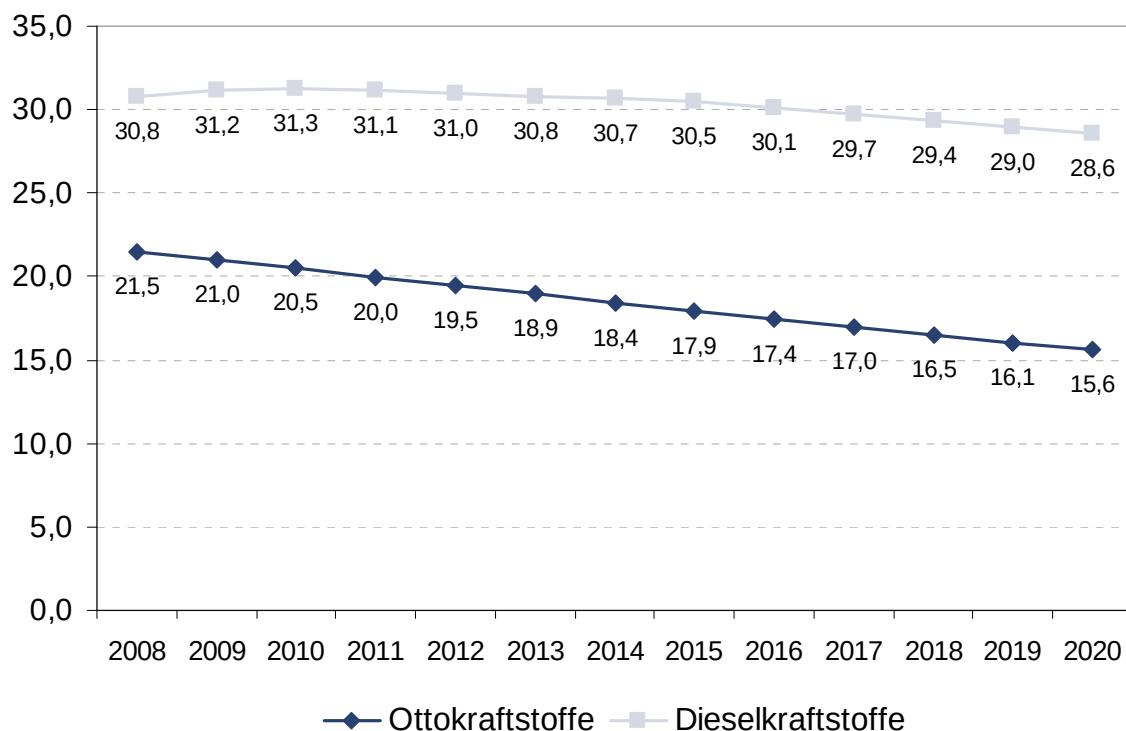
3.2 Die künftige Entwicklung und Potenziale in Deutschland und der EU

Ausgangspunkt der folgenden Überlegungen ist der künftige Bedarf an Biokraftstoffen, der sich aus dem zu erwartenden gesamten Kraftstoffbedarf und den Beimischungsquoten ergibt. Sodann ist zu klären, welche Lücke an Produktionskapazitäten und Anbauflächen noch besteht und in welchem Ausmaß diese im Inland bzw. in der EU durch vorhandene Potenziale gedeckt werden kann.

Unterstellt wird im Folgenden ein Festhalten an den Zielen des Biokraftstoffquotengesetzes. Es wurde bereits erläutert, dass der Stopp der Biokraftstoffverordnung dazu geführt hat, dass zum 1. Januar 2009 zwar an der Einführung von B7 (der technischen Zulässigkeit einer Biodieselbeimischung von 7 Volumen-% zu fossilem Dieselmotorkraftstoff) festgehalten wird. Jedoch nahm man von einer Einführung von E10 (der technischen Zulässigkeit einer Bioethanolbeimischung von 10 Volumen-% zu fossilem Ottomotorkraftstoff) Abstand. Dies geht einher mit einem vorübergehenden Verzicht auf die ursprünglich vorgesehene energetische Gesamtquote von 6,25 %. Mit der Einführung von B7 ist aber zumindest eine Gesamtquote von (knapp über) 5 % in Energieanteilen gewährleistet.

Die folgende Abbildung gibt die Prognose des Mineralölwirtschaftsverbands für den Kraftstoffverbrauch bis 2020 wieder.

Abbildung 7: Verbrauchsprognose für Otto- und Dieselmotorkraftstoffe bis 2020 in Mio. t



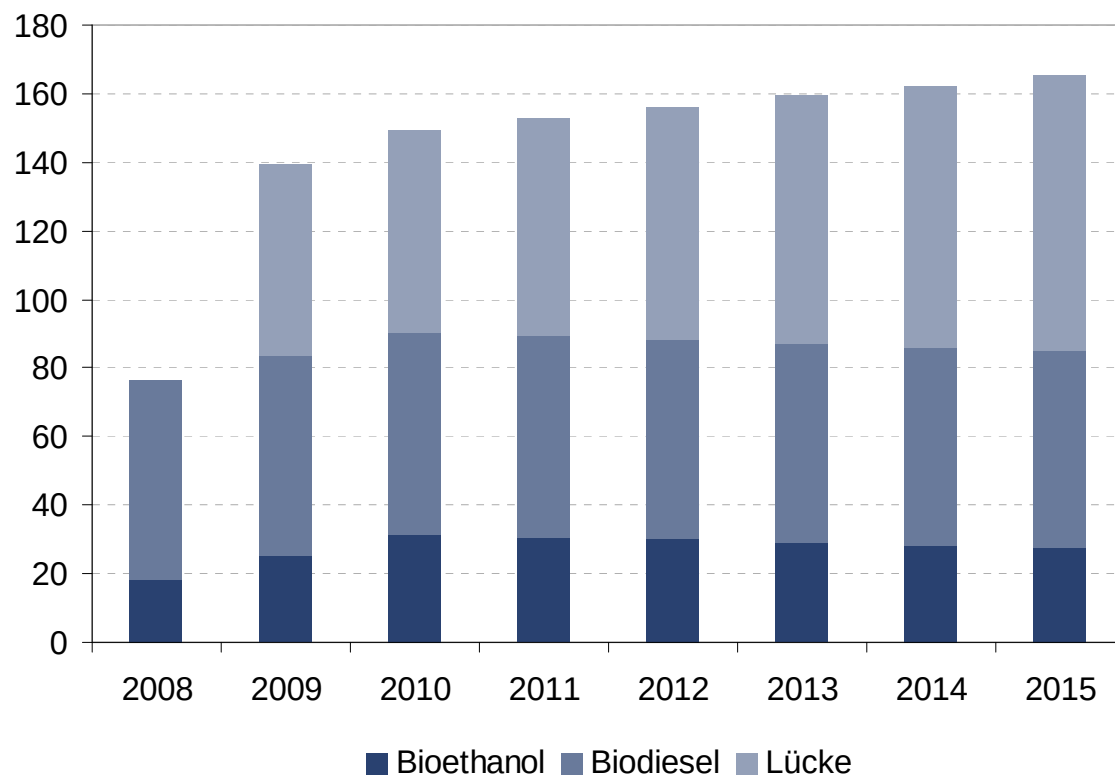
Quelle: MWV (2006), eigene Berechnungen.³²

Aus den Mindestquoten des Biokraftstoffquotengesetzes für die Bioethanol- und die Biodieselbeimischung ergeben sich im Zusammenhang mit der Verbrauchsprognose die Mindestmengen an Bioethanol und Biodiesel, die den fossilen Kraftstoffen beizumischen sind. Darüber hinaus ist die zusätzliche Gesamtenergiequote zu berücksichtigen. Diese führt zu einer Deckungslücke jenseits der Mindestanforderungen, welche entweder durch einen zusätzlichen Absatz von Biodiesel, Bioethanol oder einer Kombination von beiden ausgeglichen werden kann.³³ Die folgende Abbildung verdeutlicht zunächst die notwendige Bereitstellung von Biodiesel und Bioethanol sowie die jeweilige Deckungslücke zwischen 2009 und 2015. Da die zu erfüllende Gesamtquote in Energiegehalten formuliert ist, wird hier auf eine entsprechende Darstellung auch für Bioethanol und Biodiesel zurückgegriffen.

³² Die Werte für die Jahre 2011-2014 und 2016-2019 wurden linear interpoliert. Für das Jahr 2025 prognostiziert der MWV (2006) ein weiteres Abnehmen der Verbrauchszahlen auf 13,6 Mio. t für Ottokraftstoffe und auf 26 Mio. t für Dieselmotorkraftstoffe.

³³ Unter der Deckungslücke soll hier die Energiemenge verstanden werden, die sich aus der Differenz zwischen der im Biokraftstoffquotengesetz definierten energetischen Gesamtquote für den Biokraftstoffeinsatz und aus der energetischen Summe der Unterquoten für die Biodiesel- und die Bioethanolbeimischung ergibt.

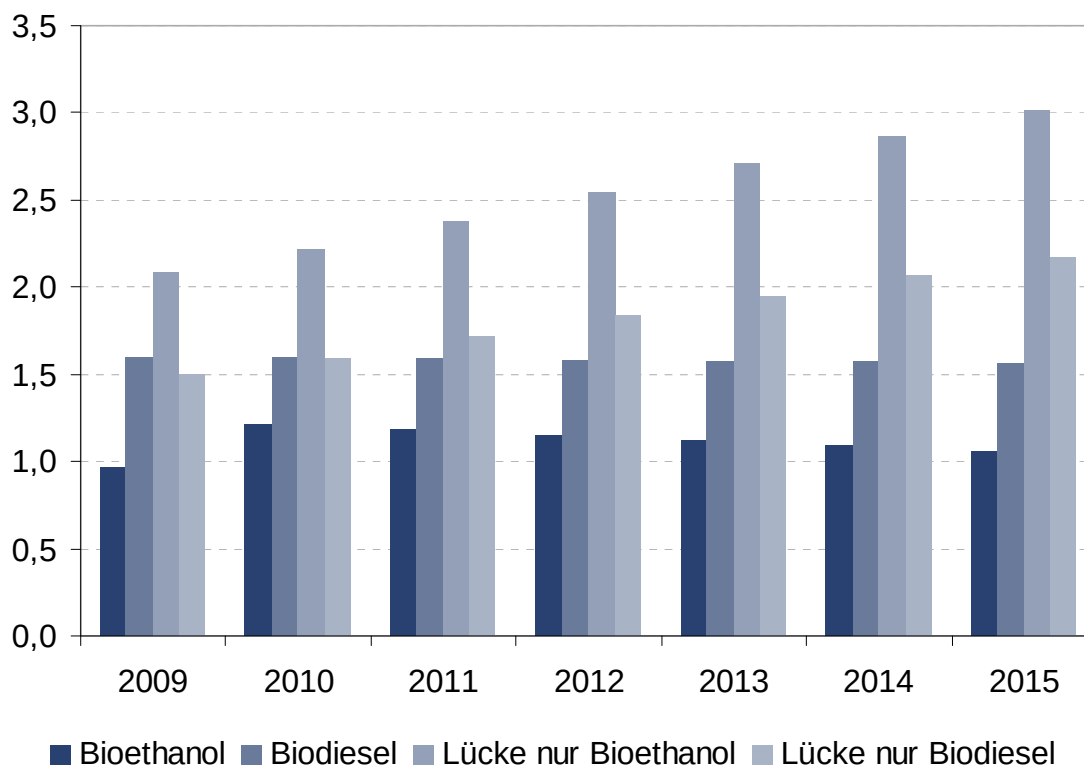
Abbildung 8: Erforderliche Energiebereitstellung durch Biodiesel und Bioethanol sowie Deckungslücke gemäß Biokraftstoffquotengesetz in TJ, 2008-2015



Quelle: Eigene Berechnungen.

Aus der Mindestbeimischung folgen die minimalen Bedarfe an Biodiesel und Bioethanol. Diese sind in Mio. t in der Abbildung 9 ebenso abgetragen wie ein Ausgleich der Deckungslücke entweder durch die alleinige Bereitstellung von Biodiesel oder von Bioethanol.

Abbildung 9: Bedarf an Biodiesel und Bioethanol aufgrund der Mindestbeimischung und Bedarf an Bioethanol oder Biodiesel aufgrund der Gesamtquote in Mio. t, 2009-2015



Quelle: Eigene Berechnungen.

Es zeigt sich Folgendes: Aufgrund der Beimischungspflicht werden zwischen 2009 und 2015 jeweils zwischen etwa 1 und 1,2 Mio. t Bioethanol benötigt. Infolge des nur leicht sinkenden Verbrauchs an Dieseltreibstoffen im betrachteten Zeitraum liegt der Biodieselbedarf zur Beimischung jeweils bei etwa 1,6 Mio. t. Soll die Deckungslücke aufgrund der ansteigenden Gesamtquote nur durch Bioethanol gedeckt werden, so sind jährlich zwischen 2,1 und 3 Mio. t zusätzliches Bioethanol notwendig. Soll die Deckungslücke nur mit Hilfe von Biodiesel abgedeckt werden, so wären jährlich zwischen 1,5 und 2,2 Mio. t zusätzlicher Biodiesel von Nöten.

Die ermittelten Bedarfe an Biokraftstoffen haben Implikationen für den Bedarf an Produktionskapazitäten für Biokraftstoffe und an Anbauflächen für nachwachsende Rohstoffe. Die folgende Tabelle stellt diese zusammen. Dabei werden drei Szenarien berücksichtigt. Erstens die weitere Gültigkeit der Ziele gemäß Biokraftstoffquotengesetz, zweitens ein Zurückgehen auf die Roadmap Biokraftstoffe und drittens die Zielvorgaben der EU.

Tabelle 3: Mengen- und Flächenbedarfe zur Erreichung von Biokraftstoffzielen gemäß Biokraftstoffquotengesetz, Roadmap Biokraftstoffe und indikativem EU-Ziel, 2010 und 2015

	2010		2015	
	Mio. t	Mio. ha	Mio. t	Mio. ha
Biokraftstoffquotengesetz				
Biodieselbeimischung	1,60	1,14	1,56	1,11
Bioethanolbeimischung	1,21	0,61	1,06	0,53
Lückendeckung nur durch Biodiesel	1,59	1,14	2,17	1,55
Lückendeckung nur durch Bioethanol	2,21	1,11	3,02	1,51
<i>Summe Flächenbedarf Biodieselszenario</i>		2,89		3,19
<i>Summe Flächenbedarf Bioethanolszenario</i>		2,85		3,15
Roadmap Biokraftstoffe (E5, B7)³⁴				
Biodieselbeimischung	2,37	1,70	2,31	1,65
Bioethanolbeimischung	0,87	0,44	0,76	0,38
<i>Summe Flächenbedarf</i>		2,14		2,03
EU-Ziel³⁵	von 5,75 Energie-%		von 8 Energie-%	
Biodieselbeimischung	2,09	1,49	2,83	2,02
Bioethanolbeimischung	1,94	0,97	2,35	1,28
<i>Summe Flächenbedarf</i>		2,46		3,30

Quelle: Eigene Berechnungen.³⁶

Unter den Vorgaben des Biokraftstoffquotengesetzes ergibt sich demnach ein Flächenbedarf für den Anbau energetisch zu nutzender Pflanzen im Jahre 2010 von etwa 2,9 Mio. ha und im Jahre 2015 von etwa 3,2 Mio. ha. Unter den (weniger ambitionierten) aktuellen Bedingungen der Roadmap Biokraftstoffe liegt der Flächenbedarf jeweils knapp über 2 Mio. ha. Die EU-Ziele für die Jahre 2010 und 2015 wiederum führen zu einem Flächenbedarf von etwa 2,5 bzw. 3,3 Mio. ha.

Während gegenwärtig bereits genug Produktionskapazitäten für Biodiesel vorhanden sind, um den inländischen Bedarf zu produzieren, ist dies bei Bioethanol nicht der Fall. Nur der Kapazitätsbedarf im Szenario Roadmap Biokraftstoffe wird in absehbarer Zeit – aufgrund der vorhandenen und der bereits in Bau befindlichen Kapazitäten – geschaffen. Bei den

³⁴ Die Roadmap kann nicht direkt als Quotenziel aufgefasst werden. Allerdings stellt sie eine Art Referenzfall dar und somit folgen aus ihr bestimmte Mengen- und Flächenbedarfe. Daher wird sie hier als "implizite (technische) Quote" aufgefasst.

³⁵ Das höchst ambitionierte EU-Ziel von 10 % für das Jahr 2020 impliziert einen Flächenbedarf von 2,4 Mio. ha für Biodiesel und 1,3 Mio. ha für Bioethanol – insgesamt also 3,7 Mio. ha. Die möglichen Ziele der Klimaagenda 2020 der Bundesregierung von 17 % Biokraftstoffen gingen unter den gegenwärtigen technischen Bedingungen sogar einher mit einem gesamten inländischen Flächenbedarf von 6,2 Mio. ha.

³⁶ Angenommen werden die aktuell geltenden Produktivitätsdaten hinsichtlich der Ergiebigkeit der Pflanzen und Flächen. Unterstellt wird ein Biodieselertrag von 1,4 t/ha und ein Bioethanolertrag von 2 t/ha. Dabei wird ferner angenommen, dass die Biodieselsproduktion nur aus Raps und die Bioethanolproduktion nur aus Getreide erfolgt.

Produktionskapazitäten liegen insgesamt trotzdem nur geringe Engpässe vor. Anders verhält es sich mit den Anbauflächen. Von den derzeit vorhandenen Ackerflächen von 11,8 Mio. ha müssten bei rein inländischer Agrarrohstoffversorgung im Biokraftstoffquotengesetz-Szenario 2010 über 24 % und 2015 fast 27 % der Anbauflächen für Biokraftstoffzwecke genutzt werden. Im EU-Szenario sind es 21 % bzw. 28 % und im Roadmap Biokraftstoffe-Szenario immerhin noch jeweils 18 %. Erforderlich wäre folglich eine Verdoppelung oder Verdreifachung der aktuellen Anbauflächen zu diesem Zweck. Berücksichtigt man als Bezugsgröße zusätzlich die momentan vorhandenen 5 Mio. ha Grünland, dann müssten je nach Annahme immer noch zwischen 12 % und 20 % dieser landwirtschaftlichen Nutzflächen der Biokraftstoffproduktion gewidmet werden.

In europäischer Perspektive sei hier auf die Berechnungen von Bockey (2006, Tabelle 4, S. 14) zurückgegriffen. Das Ziel von 5,75 % generiert für das Jahr 2010 in Europa einen Biodieselbedarf von 11 Mio. t, was mit einem Flächenbedarf von 7,9 Mio. ha einherginge. Hinsichtlich Bioethanol folgt aus einem Mengenbedarf von 9,7 Mio. t ein Flächenbedarf von 4,8 Mio. ha. Schreibt man die von Bockey unterstellten Entwicklungen (Zunahme des Dieselmotorenkraftstoffverbrauchs um 4 % und Abnahme des Ottomotorenkraftstoffverbrauchs um 9 % innerhalb von 5 Jahren) bis 2015 fort und nimmt zudem das EU-Ziel von 8 % an, so ergibt sich für Biodiesel ein Mengenbedarf von 15,9 Mio. t und ein Flächenbedarf von 11,6 Mio. ha. Für den Bioethanolbereich ergäbe sich ein Mengenbedarf von 13,6 Mio. t bei einem Flächenbedarf von 6,8 Mio. ha. Eine Schätzung der EU-Kommission für das 10 %-Ziel in 2020 ermittelt darüber hinaus – allerdings unter Berücksichtigung eines Beitrags der sehr viel effizienteren Biokraftstoffe der zweiten Generation von 30 % – einen Flächenbedarf von insgesamt 19,1 Mio. ha in der EU-27. Dies entspräche etwa 17 % der Anbaufläche.³⁷

Die entscheidende Frage ist nun, ob sowohl in Deutschland als auch in der EU die notwendigen Flächenpotenziale vorhanden sind, um eine (autonome) Versorgung mit den Biokraftstoffen und den zugrunde liegenden Agrarrohstoffen zu gewährleisten. Auf der Grundlage bereits vorliegender Studien soll dies im Folgenden abgeschätzt werden.

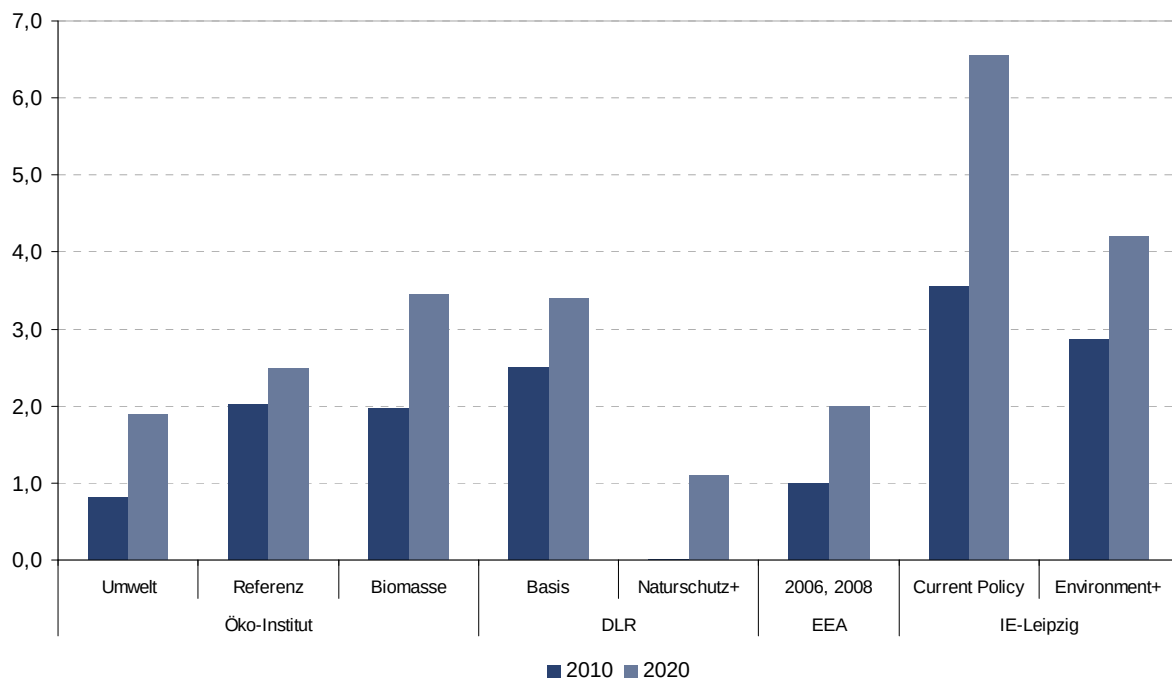
Für Deutschland liegen verschiedene Untersuchungen vor, die auf der Grundlage von Szenario-Methoden eine Schätzung künftiger Flächenpotenziale für den Anbau von Energiepflanzen auf Äckern vornehmen. Aufgrund der verschiedenen Annahmen ist eine Vergleichbarkeit der Resultate nur eingeschränkt möglich. Zudem determinieren einzelne Prämissen stark die Größenordnungen der Ergebnisse. Zum einen werden unterschiedlich große landwirtschaftliche Flächen und verschiedene Selbstversorgungsniveaus mit Milch- und Fleischprodukten angenommen. Je größer die unterstellten Flächen und je niedriger das angenommene Selbstversorgungsniveau, desto größer sind die geschätzten

³⁷ Vgl. EU-Kommission (2007), S. 10.

Flächenpotenziale. Zum anderen werden Naturschutzrestriktionen unterschiedlich stark gewichtet. Je stärker Umweltbelange berücksichtigt werden, desto geringer fallen die Flächenpotenziale aus. Identisch in allen Studien ist die Annahme eines konstanten Produktivitätsfortschrittes entsprechend den Vorjahren. Abbildung 10 stellt einander die verschiedenen Ergebnisse für die Jahre 2010 und 2020 gegenüber.³⁸

Die Resultate weichen aufgrund der unterschiedlichen Annahmen stark voneinander ab. Die Annahmen in Thrän et al. (2005) sind im Vergleich besonders optimistisch. Dies spricht für eine deutliche Überschätzung des Flächenpotenzials in dieser Studie. Die nicht den aktuellen Bedingungen entsprechende Würdigung von Naturschutzrestriktionen in den Szenarien DLR Basis und Öko-Institut Biomasse spricht ebenfalls für eine Überschätzung des Flächenpotenzials. In Abhängigkeit von den gestellten Naturschutzanforderungen und von der Nutzung von Grünflächen erscheinen damit Größenordnungen zwischen 2 und 2,5 Mio. ha für 2020 in Deutschland realistisch. In Abhängigkeit von künftigen Produktivitätsentwicklungen könnte jedoch einerseits der Flächenbedarf für Biokraftstoffe sinken und andererseits die Verfügbarkeit von nicht mehr für die Nahrungsmittelproduktion benötigten Anbauflächen zunehmen.

Abbildung 10: Flächenanbaupotenziale auf Ackerflächen in Deutschland 2010 und 2020 gemäß verschiedener Schätzungen in Mio. ha



Quellen: Fritsche et al. (2004): Öko-Institut, Nitsch et al. (2004): DLR, EEA (2006, 2008), Thrän et al. (2005): IE-Leipzig.

³⁸ Vgl. zu einer ähnlichen Abbildung und der Argumentation in diesem Zusammenhang SRU (2007), S. 36f.

Für die EU-25 liegt von der EEA (2008) eine aktuelle Schätzung vor. Danach ließen sich 2010 12,3 Mio. ha an Ackerbauflächen für Energiepflanzen nutzen. Bis 2020 stiege dieser Wert nur leicht auf 13,4 Mio. ha. Die Resultate von Thrän et al. (2005) müssen in diesem Zusammenhang erneut als deutlich zu hoch angesehen werden, denn im Szenario Current Policy werden Flächen von 25,0 Mio. bzw. 46,1 Mio. ha für 2010 bzw. 2020 und im Szenario Environment+ von 15,0 Mio. bzw. 25,6 Mio. ha für 2010 bzw. 2020 ermittelt.

Es lässt sich Folgendes festhalten. Für eine Verwirklichung der Roadmap Biokraftstoffe dürften auch bei starken Naturschutzrestriktionen die inländischen Anbauflächen ausreichen. Ambitioniertere Ausbauziele (Biokraftstoffquotengesetz, EU-Ziel 2015) lassen sich durch einen alleinigen Anbau im Inland jedoch nicht verwirklichen, außer man wählt weniger starke Naturschutzrestriktionen oder man nimmt eine geringere Eigenversorgung mit Grundnahrungsmitteln in Kauf. Ähnliche Konkurrenzbeziehungen gelten für die EU. In 2010 ließe sich der europäische Bedarf an Energiepflanzen noch weitestgehend durch einen Anbau innerhalb der EU decken. Allerdings übersteigt der geschätzte Flächenbedarf in 2020 recht deutlich das ermittelte Flächenpotenzial. Bei einem Festhalten an ambitionierten Ausbauzielen dürften mithin Importe der Agrarrohstoffe zur Weiterverarbeitung (oder der Biokraftstoffe selbst) notwendig werden. Dies ist per se nicht problematisch, sofern in den Lieferländern komparative Vorteile im Anbau vorliegen und Nachhaltigkeitskriterien eingehalten werden. Jedoch läuft diese Feststellung teilweise dem postulierten Ziel einer Erhöhung der Autonomie in der (nationalen und europäischen) Energieversorgung zuwider. Eine Diversifizierung der Lieferländer, vermutlich bei gleichzeitiger Förderung von Schwellen- und Entwicklungsländern als Anbaugelände, kann hingegen erwartet werden und wäre positiv zu bewerten.

Nicht nur um das aufgezeigte mögliche Flächenproblem zu lösen, sondern auch um Nutzungskonkurrenzen von Agrarrohstoffen (Energiebereitstellung vs. Nahrungs- und Futtermittel) entgegenzuwirken, sind künftig zwei Schlüsselgrößen von entscheidender Bedeutung. Erstens sind dies Produktivitätssteigerungen im Bereich der bereits verwendeten Biokraftstoffe. Zweitens ist die Weiterentwicklung rudimentär vorhandener Technologien und die Entwicklung neuer Technologien sowie die Nutzung anderer (innovativer) Rohstoffquellen zu nennen.

Produktivitätssteigerungen sind auf verschiedene Weisen denkbar. Einerseits ist zu erwarten, dass speziell für den Biokraftstoffbereich gezüchtete Pflanzen künftig höhere Energieerträge erbringen werden. Damit einher gehen sollten auch Effizienzsteigerungen bei den Umwandlungstechnologien, deren vorhandene Kapazitäten bereits jetzt nur einen kleinen Engpass darstellen. Andererseits dürften auch die Erträge pro Fläche für spezielle Agrarrohstoffe in Zukunft ansteigen. Relativ moderate Produktivitätssteigerungen senken

dann schon in der mittleren Frist deutlich den Flächenbedarf und verbessern außerdem die relative Kostenposition der Biokraftstoffe der ersten Generation im Vergleich zu fossilen Kraftstoffen.

Hinsichtlich der neuen Technologien gelten vor allem Biokraftstoffe der zweiten Generation – und hierbei neben Bioethanol aus Lignozellulose vor allem Biomass to Liquid (BtL) – als besonders aussichtsreich.³⁹

BtL hat als synthetischer Kraftstoff gegenüber anderen Biokraftstoffen (der ersten Generation) Vorteile hinsichtlich der Biomassen- und der Flächenausbeute. Während pro Jahr etwa 4.000 l/ha BtL erzeugt werden können, sind es nur 2.560 l/ha Ethanol (aus Getreide) und 1.550 l/ha Biodiesel (aus Raps). Dies hängt mit den unterschiedlichen Flächenerträgen der notwendigen Agrarrohstoffe zusammen, die bei BtL zwischen 15 und 20 t/ha liegen, während sie bei Biodiesel (aus Raps) 3,4 t/ha und bei Bioethanol (aus Getreide) 6,6 t/ha betragen. Auch das Kraftstoffäquivalent liegt mit 0,97 bei BtL höher als bei Biodiesel mit 0,91 und bei Bioethanol mit 0,65. Zudem besteht der technologische Vorteil von BtL darin, dass keine Restriktionen für den Einsatz in heutigen Motoren bestehen.⁴⁰ Nicht nur im Vergleich zu anderen Biokraftstoffen sondern vor allem im Vergleich zu den fossilen Kraftstoffen hat BtL außerdem ein hohes CO₂-Minderungspotenzial. Verglichen mit dem CO₂-Ausstoß durch einen Liter fossilen Dieselmotorkraftstoff reichen die Schätzungen für das Reduktionspotential von 60 % [BFE (2008)] bis zu 90 % [FNR (2008)].

Auch bei BtL gibt es jedoch einige Problembereiche und offene Fragen. Die Konversionsverfahren gelten zwar als technisch weitestgehend ausgereift und es existiert eine erste kommerzielle Anlage der CHOREN Industries GmbH in Freiberg mit einem Trockenmasseverarbeitungspotenzial von 67.500 t pro Jahr. Jedoch steht eine Produktion im großen industriellen Stil noch bevor. Erst im Jahre 2012 soll eine Anlage mit einer Verarbeitungskapazitäten für 1 Mio. t Trockenmasse in Betrieb gehen, die dann

³⁹ Als Zukunftsvision müssen noch Überlegungen gelten, Biokraftstoffe der zweiten Generation aus Algen oder der Jatropha-Pflanze zu gewinnen. Beide Ansätze befinden sich noch in der Forschungsphase. Inwieweit beide Verfahren jemals zur Marktreife gelangen werden oder im Vergleich zu anderen Kraftstoffherstellungsvarianten konkurrenzfähig werden, kann nur die weitere Entwicklung zeigen. Die Tatsache, dass Mineralölkonzern wie die Shell AG und die BP AG verstärkte Anstrengungen in diesen Bereichen unternehmen, spricht allerdings für die Existenz vielversprechender Potenziale.

⁴⁰ Vgl. zu den Daten FNR (2006, 2008) und zur grundsätzlichen Diskussion der Vor- und Nachteile von BtL Reinhardt et al. (2006), dena (2006), BFE (2008) und <http://www.btl-plattform.de/>. Das BFE (2008) weist aber darauf hin, dass die im Text genannten Daten der FNR gemäß seinen Berechnungen deutlich zu hoch liegen. Das BFE kommt nur auf Biomassenausbeuten bei BtL von höchstens etwa 2.100 l/ha. Da die Berechnungsmethoden der FNR in diesem Zusammenhang nicht offen liegen, kann nicht beurteilt werden, wie stichhaltig die dahinter stehenden Kalkulationen sind. Selbst bei Gültigkeit der niedrigeren Ergebnisse schneidet BtL aufgrund des höheren Kraftstoffäquivalents aber noch besser ab als Biodiesel und Bioethanol.

200.000 t BtL produzieren würde.⁴¹ Darüber hinaus schneidet BtL – wie andere Biokraftstoffe zumeist auch – bei bestimmten Umweltwirkungen wie der Versauerung der Böden, dem Bodeneintrag einiger Schadstoffe und dem Grundwasserverbrauch infolge des landwirtschaftlichen Anbaus gegenüber fossilen Kraftstoffen schlechter ab, wenngleich die gesamte Umweltbilanz meist günstiger ausfällt. Schließlich sind die geschätzten Produktionskosten von BtL (im Vergleich zu den Biokraftstoffen der ersten Generation) noch relativ hoch. Die Bandbreiten der geschätzten Kosten für einen Liter Kraftstoffäquivalent variieren dabei jedoch stark. Sie reichen von sehr optimistischen 0,70 €/l Kraftstoffäquivalent [dena (2006)] über 1,03 €/l Kraftstoffäquivalent [FNR (2008)] bis hin zu 1,30 €/l Kraftstoffäquivalent [IE Leipzig (2006)]. Ohne praktische Erkenntnisse gebietet es das Vorsichtsprinzip, eher Kosten im mittleren bis oberen Bereich der genannten Spanne zu erwarten.⁴² Viertens erfordert die Herstellung von BtL große Mengen an Biomasse. Sofern es sich um Anbaubiomasse handelt, ergeben sich erneut Restriktionen aus den nutzbaren Anbauflächen. Handelt es sich um Reststoffe, so stehen diese für eine ökonomisch effiziente Nutzung nur begrenzt zur Verfügung, da Transportkosten und alternative Verwendungen, beispielsweise zur Energiegewinnung in der Müllverbrennung, zu berücksichtigen sind.⁴³

Mittelfristig dürften Biokraftstoffe der zweiten Generation und insbesondere BtL eine sinnvolle ergänzende Option zur Kraftstoffversorgung darstellen. Allerdings werden technologische Weiterentwicklungen und der Marktmechanismus darüber entscheiden müssen, in welchem Maß dies der Fall sein wird.

Zusammenfassend hat dieses Kapitel gezeigt, dass der Biokraftstoffsektor in den vergangenen Jahren – nicht zuletzt begünstigt durch die starke politische Förderung – eine dynamische Entwicklung genommen hat. Für moderate Ausbauziele dürften zwar die notwendigen Flächenpotenziale existieren. Um jedoch weitergehende ambitionierte Ausbauziele z. B. im Sinne des Biokraftstoffquotengesetzes bis 2015 oder der EU-Ziele für 2020 realisieren zu können, wären Anbauflächen notwendig, die weder in Deutschland noch in der EU in ausreichendem Maße zur Verfügung stehen dürften. Dann entscheiden technologische Weiterentwicklungen und Innovationen sowie Nachhaltigkeitsaspekte über die weltweiten Ausbaupotenziale der Biokraftstoffe. Die Nachhaltigkeitsaspekte unter besonderer Berücksichtigung der Zertifizierung des Anbaus, der Konkurrenzbeziehungen in

⁴¹ Vgl. die Angaben auf <http://www.choren.com/de/>.

⁴² Bei der Kostenberechnung für Biokraftstoffe der ersten Generation geht üblicherweise auch die Tatsache ein, dass wirtschaftlich verwertbare Nebenprodukte anfallen. Dies verschafft den Biokraftstoffen der ersten Generation noch einen Kostenvorteil gegenüber BtL.

⁴³ Die dena (2006) schätzt die technischen Potenziale der Biomasse zur BtL-Produktion in Deutschland auf 39,8 bis 68,5 Mio. t Trockensubstanz pro Jahr, was einer Energiebereitstellung von 719-1.219 PJ pro Jahr entspräche.

der Nutzung von Flächen und Agrarrohstoffen sowie der Preiseffekte auf den Märkten für Rohöl und Agrarrohstoffe werden im folgenden Kapitel untersucht.

4 Nachhaltigkeitsaspekte

Mit zunehmenden Investitionen in Biokraftstoffe stellt sich die grundsätzliche Frage, wie deren Einsatz nachhaltig organisiert werden kann. Dabei ist vor allem zu klären, ob die mit Biokraftstoffen verfolgten Ziele im Konflikt mit anderen Nachhaltigkeitszielen stehen.⁴⁴ So sind neben der CO₂-Minderung und der Versorgungssicherheit im Energiebereich insbesondere die Konkurrenz der Biokraftstoffproduktion zur Nahrungs- und Futtermittelproduktion, die Biodiversität und der allgemeine Schutz der Umwelt zu berücksichtigen. In der gesellschaftlichen und politischen Diskussion ist zu klären, wie die Ziele gewichtet werden sollen.

Die Erstellung von Biokraftstoffen steht in Konkurrenz zur Erstellung von Nahrungsmitteln.⁴⁵ Dies wird in der öffentlichen Diskussion immer wieder als wesentlicher Kritikpunkt angeführt. Über den Marktmechanismus kann eine steigende Biokraftstoffproduktion zu einem verminderten Angebot von Nahrungsmitteln und damit zu steigenden Nahrungsmittelpreisen führen. Diese belasten insbesondere ärmere Länder stärker, da bei ihnen der Anteil der Lebensmittelausgaben an den Gesamtausgaben im Vergleich zu reichen Ländern sehr hoch ist.

Auch in den Industrieländern werden Preissteigerungen im Nahrungsmittelbereich von der Bevölkerung besonders sensibel betrachtet. Dies hat drei wesentliche Gründe. Erstens sind Preissteigerungen bei Nahrungsmitteln durch die hohe und regelmäßige Anzahl an Käufen leicht zu beobachten. Zweitens ist der Anteil der Lebensmittelausgaben an den Gesamtausgaben der Haushalte noch relativ hoch (wenngleich im Zeitablauf mit zunehmendem Wohlstand sinkend) und hat somit noch einen statistisch signifikanten Einfluss auf die Inflation.⁴⁶ Drittens stellt Ernährung das elementare Grundbedürfnis des Menschen dar.

Wie in Abbildung 11 dargestellt, ist es seit 2006 zu einem deutlichen Preisanstieg bei Nahrungsmitteln gekommen. Gleichzeitig zeigt der Abbau der Lagervorräte seit dem Jahr 2000 die angespannte Marktsituation. Der längerfristige Trend zeigt jedoch, dass die realen Nahrungsmittelpreise im Mittel der vergangenen dreißig Jahre kontinuierlich gesunken sind. So bestand in der Agrarpolitik auch zunehmend die Befürchtung, dass bei fallenden Preisen in den Industrieländern keine rentable Landwirtschaft möglich ist. Als Folge wurde das

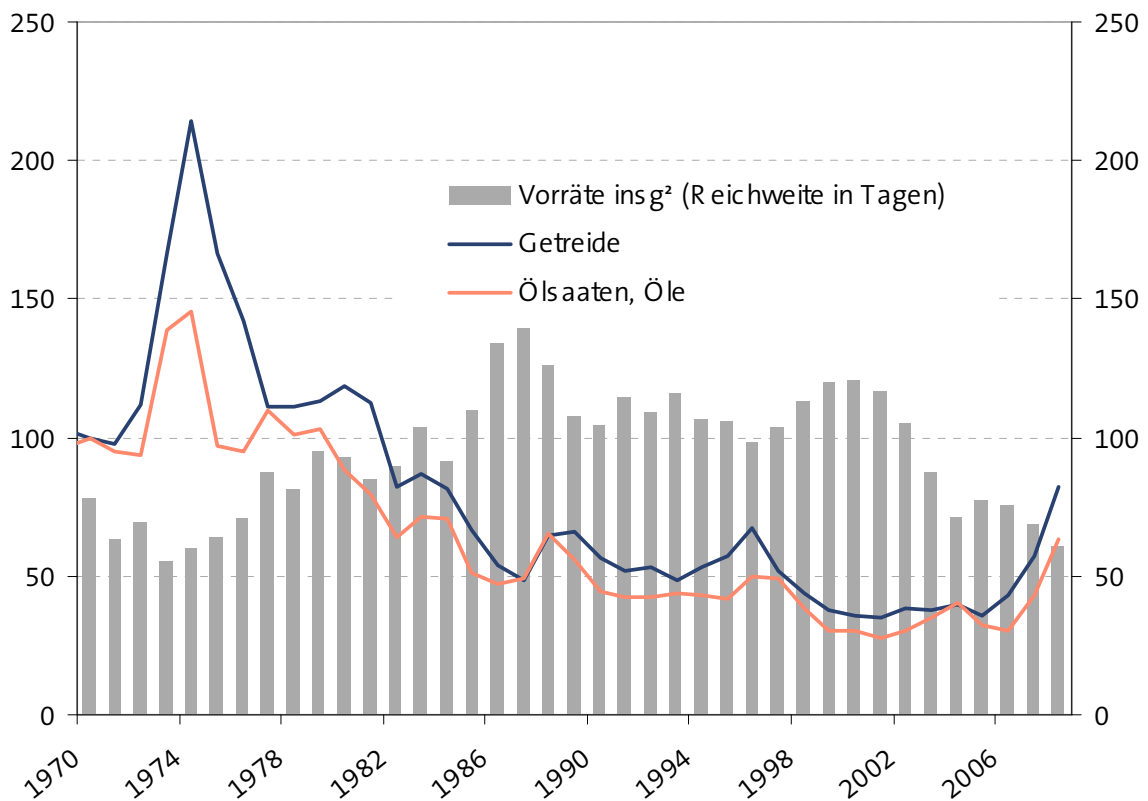
⁴⁴ Vgl. Bräuninger et al. (2007b).

⁴⁵ Allerdings ist es denkbar, dass beim Anbau von Rohstoffen zur Biokraftstoffherstellung Kuppelprodukte entstehen, die für die Nahrungsmittelproduktion relevant sind.

⁴⁶ Gemäß Wägungsschema des Warenkorbs des Statistischen Bundesamtes aus dem Jahre 2000 zur Ermittlung des Verbraucherpreisindex haben die Ausgaben für Nahrungsmittel und alkoholfreie Getränke einen Anteil von 10,3 %. Die beiden größeren Posten sind jedoch Wohnungsmieten und Energie (30,3 %) sowie Verkehr (13,9 %), deren Bedeutung in den vergangenen Jahren weiter zugenommen haben dürfte.

Angebot durch Quoten und Stilllegungsprämien verknappt. Insgesamt kann der gegenwärtige Anstieg der Nahrungsmittelpreise allenfalls eine Trendumkehr andeuten. Es stellt sich dann die Frage, inwieweit diese dauerhaft ist und ob diese durch Biokraftstoffe ausgelöst wurde. Eine nähere Analyse zeigt ein sehr differenziertes Bild.⁴⁷ So findet sich eine Reihe von Ursachen, die ihren Teil dazu beigetragen haben dürften.

Abbildung 11: Reale US-Dollar-Preise¹ und globale Vorräte wichtiger Nahrungsmittel



¹ Jahresdurchschnitte in US-\$, Indizes 1970=100, deflationiert mit dem US-Verbraucherpreisindex. ² Mais, Reis, Weizen, Sojabohnen.

Quellen: HWWI-Rohstoffpreisindex, USDA.

Eine wesentliche Ursache dürften die in den letzten Jahren weltweit sehr schlechten Ernten infolge von Dürreperioden sein. Hier ist besonders Australien zu nennen.⁴⁸ Gleichzeitig haben die in den vergangenen Jahren beträchtlich gestiegenen Energiepreise zu höheren Erzeugungs- und Transportkosten geführt und damit Nahrungsmittel verteuert.

⁴⁷ Für eine Erklärung der derzeitigen Preiserhöhungen bei Nahrungsmitteln siehe z. B. Schmitz (2008) und Matthies (2008).

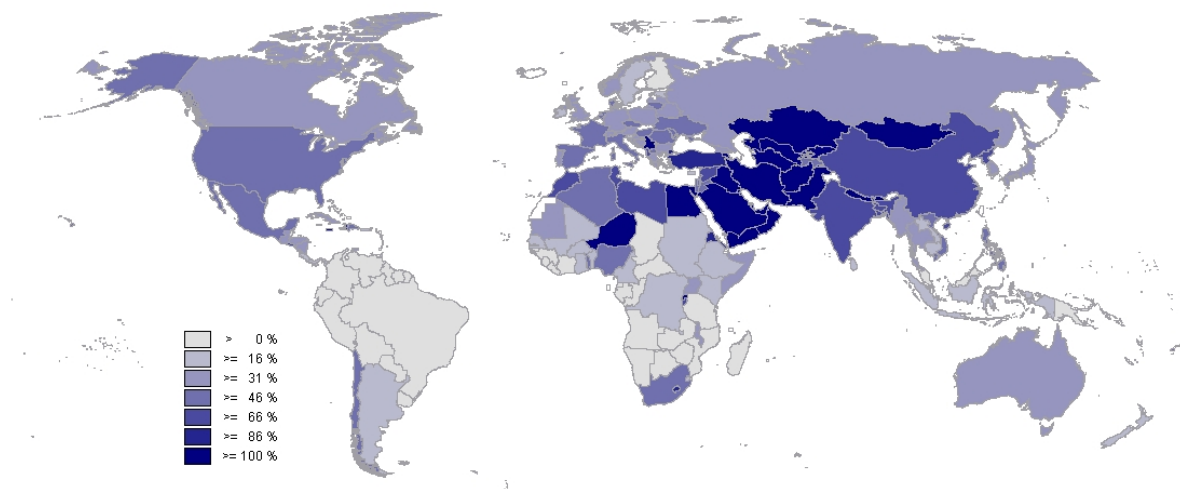
⁴⁸ Vgl. Schmitz (2008).

Neben den eher kurzfristigen Effekten gibt es jedoch auch strukturelle Trends, die auf eine höhere Nahrungsmittelnachfrage hindeuten. Dabei sind insbesondere die stark gestiegenen Einkommen in den Schwellenländern zu nennen. Damit geht eine steigende Nachfrage nach höherwertigen Nahrungsmitteln einher, die wiederum mehr Anbaufläche und mehr zugeführte Energie erfordern. Ebenfalls bedeutsam ist der gestiegene Fleischkonsum, der eine vermehrte Viehhaltung erfordert. Verstärkt wird der Preistrend ferner vom Bevölkerungswachstum und auch von der anhaltenden Urbanisierung. Diese haben insbesondere in den Schwellen-, Erdölexport- und Transformationsländern zum Verlust von Anbaufläche geführt.

Neben den langfristigen Trends hat in der jüngsten Vergangenheit auch die gestiegene Spekulationstätigkeit zu Preiserhöhungen geführt. Diese dürfte insbesondere durch die infolge der Bankenkrise erhöhte Liquidität begünstigt sein. Grundsätzlich wirkt sich Spekulationstätigkeit mittelfristig jedoch nicht verstärkend, sondern dämpfend auf Preisveränderungen aus: Mit steigenden Preisen aufgrund gesteigener Nachfrage ist es lohnend, die Produktion auszuweiten. Damit steigt das Angebot und es sinkt der Preis. Da Spekulation typischerweise auf zukünftige Entwicklungen ausgerichtet ist, werden zu erwartende Nachfrageüberschüsse vorausgesehen und durch vorgezogene Produktionsinvestitionen nivelliert. So zeigt auch der langfristige Trend der Nahrungsmittelpreise, dass es bei zunehmendem internationalen Handel und zunehmender Spekulation zu sinkenden Preisen gekommen ist.

Preisänderungen bei Nahrungsmitteln sind in Teilen auch das Resultat von veränderten Regulierungen der Agrarmärkte. In der Vergangenheit hat die Preisregulierung die Endverbraucherpreise im Mittel gesenkt. Dem entsprechend ist die einsetzende Liberalisierung ein weiterer Grund für die gestiegenen Nahrungsmittelpreise. Dieser Effekt ist allerdings sehr gering. So führt nach Schätzung der Weltbank eine vollständige Liberalisierung des Agrarsektors zu einem Preisanstieg von 1,3 %. Darüber hinaus wurde parallel zur Preisregulierung auch die Angebotsseite beschnitten. Dies hat die Selbstregulierungskräfte des Marktes verringert und damit zu höheren Agrarpreisen geführt. Damit dürfte die Liberalisierung die Anpassung auf veränderte Marktgegebenheiten, wie sie durch einen Ausbau der Biokraftstoffe erforderlich wird, erleichtern.

Abbildung 12: Verhältnis von Anbaufläche und potenzieller Anbaufläche⁴⁹

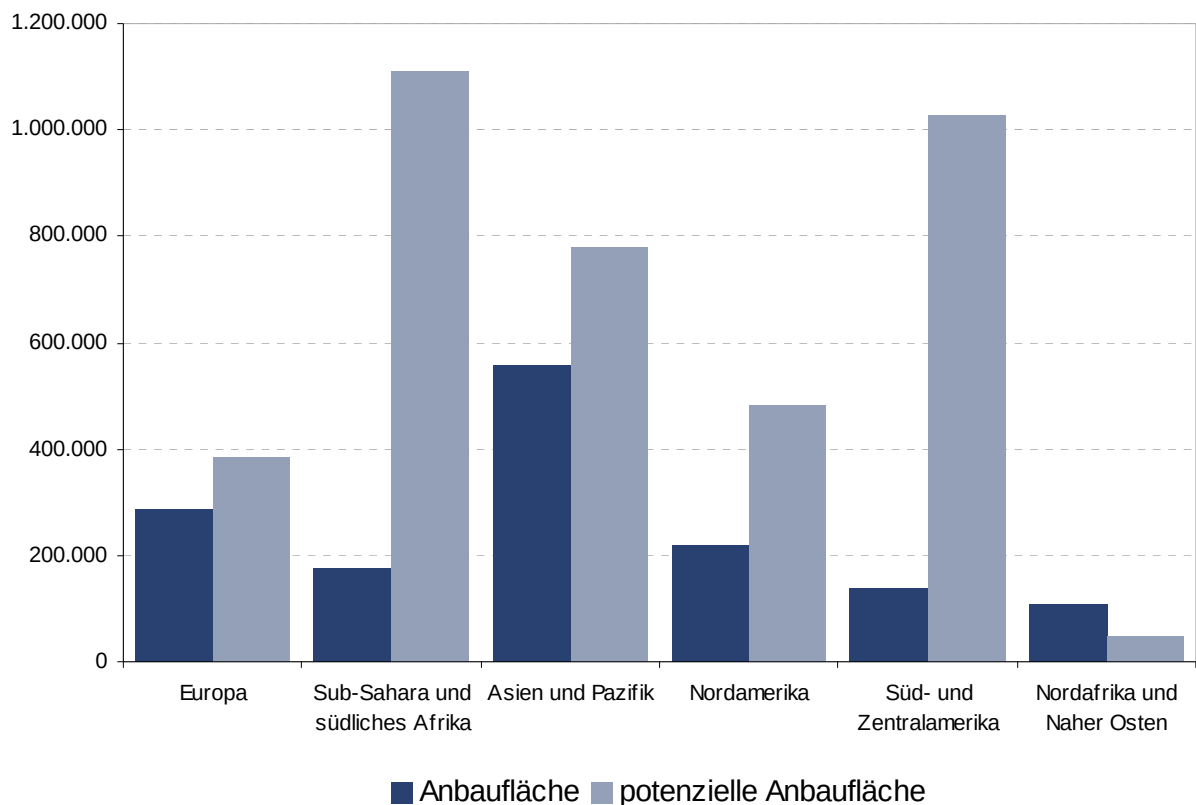


Quelle: FAO/Terrastat.

Wie beschrieben gibt es eine Flächenkonkurrenz von Biokraftstoffen zu Nahrungs- und Futtermitteln. Diese führt kurzfristig zu Preissteigerungen bei Nahrungsmitteln. Langfristig kann die Konkurrenzbeziehung jedoch aufgelöst werden. Abbildung 12 verdeutlicht dies. Die geringe Ausnutzung der verfügbaren Agrarfläche insbesondere in Afrika und Südamerika erlaubt die Ausweitung der Gesamtfläche und reduziert damit das Konkurrenzverhältnis. Der durch Biokraftstoffe entstandene zusätzliche Bedarf an Agrarrohstoffen kann durch verfügbares Land problemlos gedeckt werden. Dies verdeutlicht ein Grundproblem der weltweiten Agrarmärkte. Durch die protektionistische Politik der Hochpreisländer in Verbindung mit Exportprämien werden die Entwicklungs- und Schwellenländer bei der Herausbildung eines Agrarsektors behindert. Dies führt letztlich zu einer Beschränkung des Flächenangebots, was wiederum Auswirkungen auf die weltweiten Preise hat. Gleichzeitig wird hierdurch deutlich, dass Biokraftstoffe gerade für Entwicklungs- und Schwellenländer eine große Chance bedeuten. Mit steigender Substitution von Mineralölprodukten durch Biokraftstoffe könnten sie erhebliche Teile der Einnahmen gewinnen. Dies hätte nicht nur für die potenziellen Exportländer Vorteile. Auch die Industrienationen, die gegenwärtig den Großteil der von Ihnen verbrauchten Biokraftstoffe selbst produzieren, können von einem Import profitieren, wenn ihnen komparative Vorteile beim Anbau der Agrarrohstoffe fehlen.

⁴⁹ Die Angaben über 100 % implizieren, dass auf Flächen angebaut wurde, die beispielsweise extra bewässert werden müssen.

Abbildung 13: Anbaufläche und potenzielle Anbaufläche in 1.000 ha (Daten von 2000 bzw. 2003)



Quelle: FAO/Terrastat.

Bei einer Ausweitung der Biokraftstoffproduktion insbesondere in Südamerika, aber auch in Afrika ist zu befürchten, dass es zu anderen Nachhaltigkeitskonflikten kommt. So werden insbesondere die Abholzung der Regenwälder und die damit verbundenen Verluste an Biodiversität befürchtet. Damit die Nachhaltigkeit hier gewährleistet wird, ist eine Zertifizierung notwendig.⁵⁰ Dazu müssen Nachhaltigkeitskriterien entlang der gesamten Produktionskette definiert werden. Da die Biokraftstoffe entlang der Produktionskette mehrfach Ländergrenzen überschreiten, muss die Überprüfung der Standards von internationalen Organisationen vorgenommen werden. Ein solches internationales Zertifizierungssystem würde zugleich die Kosten für die einzelnen Länder reduzieren.

⁵⁰ Vgl. Bräuninger et al. (2007b).

5 CO₂-Einsparpotenziale

Nachdem ein Einfluss menschlichen Handels auf den Wandel des Klimas in der wissenschaftlichen Diskussion mittlerweile unbestritten ist⁵¹, stellt sich die Frage nach dem Umgang mit diesem Phänomen. Ökonomisch muss dazu eine Kostenabwägung vorgenommen werden. Hierbei werden die Schäden, die sich aus dem Klimawandel ergeben und die Kosten für Maßnahmen zur Verhinderung oder Milderung des Klimawandels verglichen. Sind die zu erwartenden Kosten des Klimawandels höher als die Kosten für Verhinderungs- und Milderungsmaßnahmen, so ist es aus ökonomischer Sicht sinnvoll, entsprechende Investitionen zu tätigen. Im Energiebereich bestehen solche Investitionen in der Verwendung emissionsärmerer Technologien, die typischerweise höhere Kosten als die etablierten Technologien haben. Dies impliziert, dass die Vermeidung von Treibhausgasemissionen⁵² mit Kosten verbunden ist.

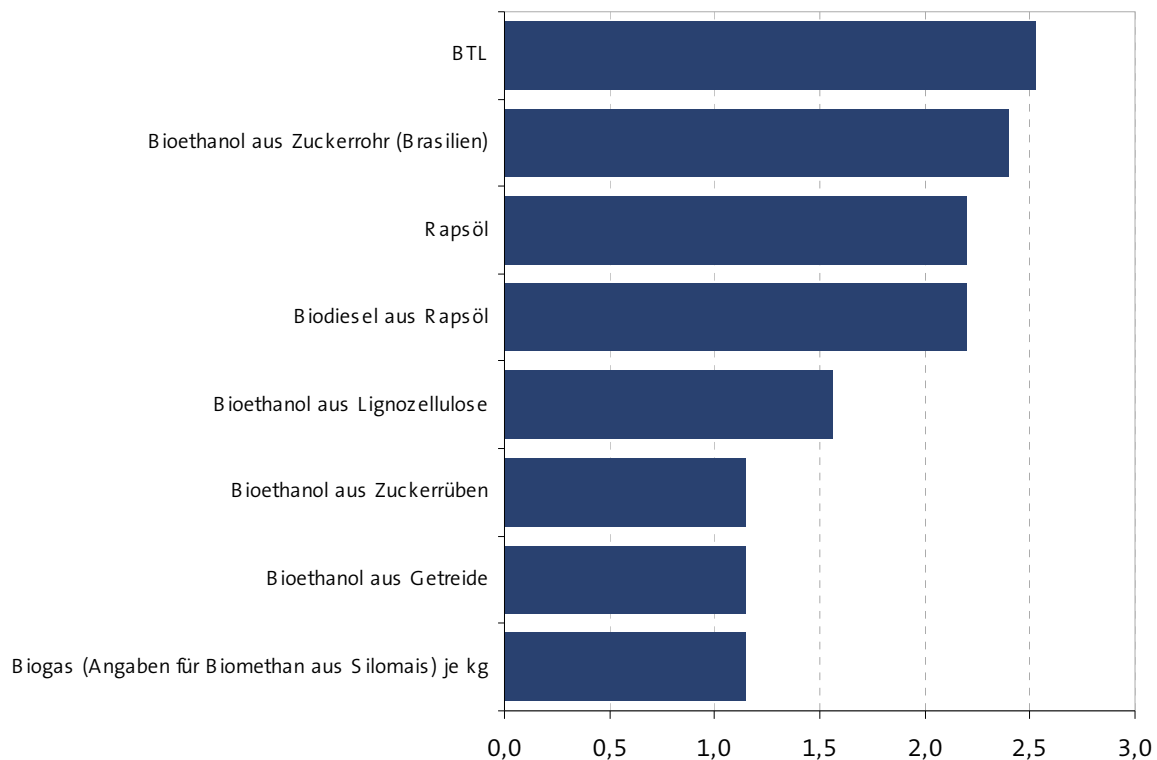
Zur Berechnung der CO₂-Vermeidungskosten ist es zunächst die Feststellung wesentlich, in welchem Umfang Biokraftstoffe CO₂ vermeiden. Abbildung 14 zeigt, dass Biokraftstoffe über ein enormes CO₂-Minderungspotenzial verfügen. Allerdings ist dies für die verschiedenen Biokraftstoffe sehr unterschiedlich. Zwar geben Pflanzen bei der Verbrennung nur das CO₂ ab, das sie beim Wachstum aufgenommen haben, aber dieser direkte Vergleich greift hier zu kurz. So sind der landwirtschaftliche Betrieb, die Konversion der Biomasse in Treibstoffe und auch der Transport teils mit erheblichem Aufwand verbunden. Bei diesem muss Energie zugeführt werden und somit wird auch CO₂ emittiert. Für die Bewertung des Einsparpotenzials ist es daher notwendig, dass die gesamte Herstellungskette betrachtet wird. Bei einem Vergleich (Abbildung 14) offenbart sich eine erhebliche Heterogenität der verschiedenen Biokraftstoffe. So gibt es erhebliche Unterschiede zwischen den Kraftstoffen der ersten und der zweiten Generation.⁵³ Durch die ausschließliche Nutzung von Früchten erzielen die Kraftstoffe der ersten Generation weniger Ertrag. Da bei den Kraftstoffen der zweiten Generation die kompletten Pflanzen oder Pflanzenreste verwendet werden, erhöht sich der Ertrag bei gleichem Aufwand an Düngung, Transport etc. Dies steigert das CO₂-Minderungspotenzial erheblich. Zu beachten ist jedoch, dass durch die vollständige Verwertung auch keine Beiprodukte/Reststoffe als Futtermittel oder für die Humusneubildung zur Verfügung stehen.

⁵¹ Vgl. Stern-Report (2006), IPCC (2007).

⁵² Zur Vereinfachung gehen wir in dieser Studie davon aus, dass nur mit einer Reduzierung von Treibhausgasen dem Klimawandel begegnet werden kann. Außerdem wird CO₂ als einziges Treibhausgas betrachtet und alle anderen Gase in CO₂-Äquivalente umgerechnet. Folglich lauten die Mengenangaben in diesem Zusammenhang stets „CO₂e“.

⁵³ Für einen ausführlichen Vergleich der Biokraftstoffe siehe z. B. WBA (2007). Eine Bewertung der CO₂-Einsparpotenziale insbesondere für Kraftstoffe der zweiten Generation liefern z. B. Reinhardt et al. (2006).

Abbildung 14: Einsparung an kg CO₂e je l Biokraftstoff

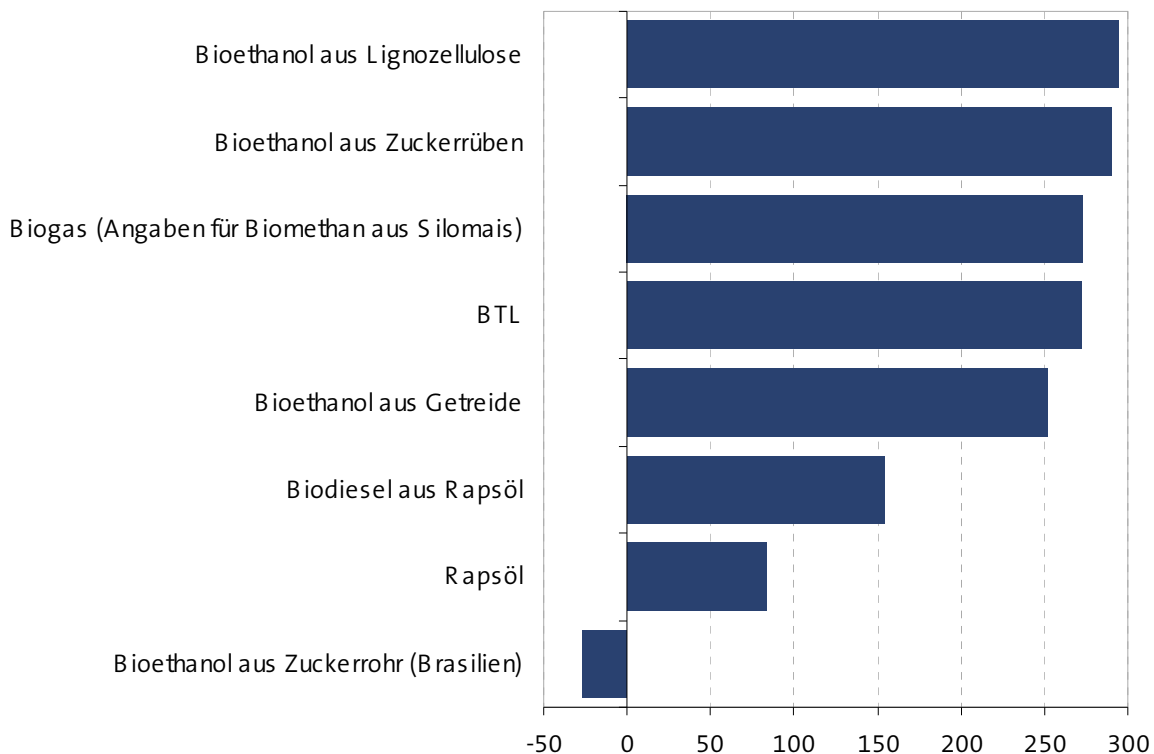


Quelle: FNR (2006).

Die zukünftige Entwicklung des CO₂-Minderungspotenzials ist demnach stark technologieabhängig: Je geringer der Energiebedarf für die Aufzucht der genutzten Pflanzen und der darüber hinaus benötigte Energiebedarf bei der Konversion sowie auf den anderen Stufen der Herstellung, desto größer die CO₂-Minderung.

Für einen ökonomisch effizienten Einsatz von Biokraftstoffen reicht es nicht, das CO₂-Minderungspotenzial zu betrachten, sondern es müssen die Vermeidungskosten betrachtet werden. Dies wird auch durch die Rohstoffkosten und die Kosten der Umwandlung bestimmt. Dabei bedeutet eine größere Konkurrenz zur Nahrungs- und Futtermittelherstellung auch höhere Rohstoffkosten und damit auch höhere Vermeidungskosten. Abbildung 15 zeigt die sich ergebenden Kosten zur Vermeidung von einer Tonne CO₂ durch verschiedene Biokraftstoffe. Offensichtlich variieren die CO₂-Vermeidungskosten der verschiedenen Biokraftstoffe erheblich. Bei den meisten Biokraftstoffen ergeben sich erhebliche Vermeidungskosten. Eine Ausnahme bildet nur Bioethanol aus brasilianischem Zuckerrohr. Hier sind die Vermeidungskosten negativ. Dies bedeutet, dass dieser Biokraftstoff bereits heute billiger ist als Mineralölprodukte.

Abbildung 15: Vermeidungskosten je t CO₂e in Euro



Quelle: FNR (2006).

Als Politikempfehlung lässt sich hieraus ableiten, dass lediglich die Biokraftstoffe gefördert werden sollten, die nicht nur jetzt, sondern auch langfristig das höchste Minderungspotenzial haben. Anstatt auf eine inhaltlich nicht differenzierte Förderung am Maßstab einer Quote zu setzen, sollten Mittel insbesondere für Forschung und Entwicklung eingesetzt werden, um die Herstellungskosten allgemein und speziell die CO₂-Vermeidungskosten zu senken. Immerhin ist kürzlich beschlossen worden, zukünftig das CO₂-Minderungspotenzial zu berücksichtigen.

Um CO₂-Minderung aus gesamtwirtschaftlicher Sicht möglichst effizient zu gestalten, bietet sich ein Vergleich der Vermeidungskosten mit dem Schattenpreis für CO₂-Emissionen an. Der Schattenpreis gibt den Wert der Schäden an, die durch eine Einheit CO₂ erzeugt werden.⁵⁴ Grundsätzlich sind Maßnahmen zur CO₂-Minderung sinnvoll, solange die Kosten der Vermeidung unterhalb des Schattenpreises, also der Kosten der CO₂-Emissionen liegen.

Sofern vollständige Märkte für CO₂-Emissionen vorliegen, ergibt sich ein Marktpreis für CO₂. Derzeit sind die Märkte für CO₂ jedoch sehr unvollständig. Nur wenige große Emittenten müssen CO₂-Emissionsrechte erwerben, oder sie bekommen diese in einem ersten Schritt

⁵⁴ Für eine Diskussion der entstehenden Kosten durch CO₂-Emissionen vgl. z. B. Stern-Report (2006) oder Price et al. (2007).

zugeteilt. Als Folge können die derzeitigen CO₂-Marktpreise noch nicht als „echte“ CO₂-Preise angesehen werden.⁵⁵ Deshalb müssen diese mittels Schattenpreisen geschätzt werden. Die Schätzungen hierfür gehen in den vorliegenden Studien weit auseinander.

Gemäß einer Auswertung von 103 Schätzungen in Tol (2005) beträgt der Mittelwert des Schattenpreises rund 25 US-Dollar pro Tonne CO₂. Allerdings liegt der Median, also der häufigste Wert, lediglich bei 3,75 US-Dollar. Gleichzeitig geht Tol (2005) davon aus, dass unter den Standardannahmen der Schadenswert von CO₂-Emissionen keinesfalls 13,5 US-Dollar pro Tonne CO₂ übertrifft und höchstwahrscheinlich sehr viel geringer ist.⁵⁶ Im Gegensatz dazu gibt der Stern-Report (2006) einen Schattenpreis von 30 US-Dollar pro Tonne CO₂ an.

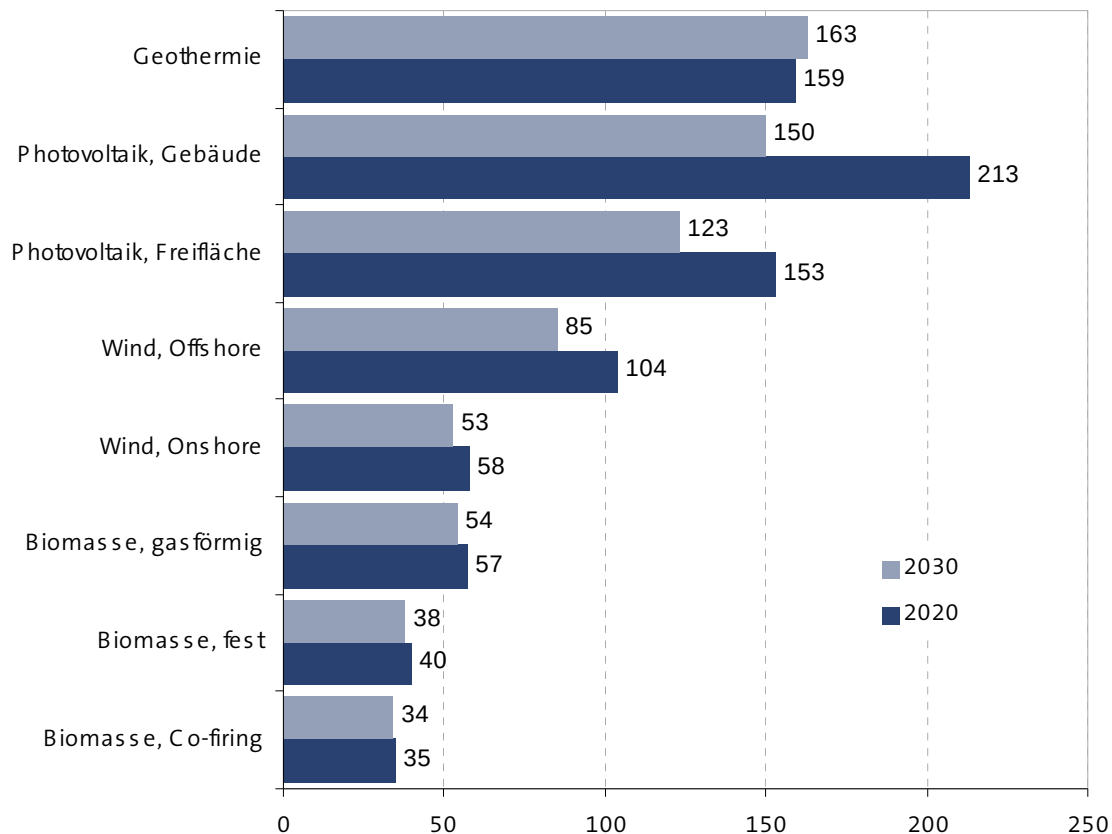
Bei einem Vergleich der Vermeidungskosten mit dem Schattenpreis wird deutlich, dass diese Vermeidungskosten von Biokraftstoffen fast ausschließlich deutlich über dem Schattenpreis liegen. Dies impliziert, dass die Kosten der CO₂-Vermeidung größer sind als die Kosten der CO₂-Folgen. Somit ist die Produktion von Biokraftstoffen aus Gründen der CO₂-Minderung heute größtenteils ineffizient. Dabei sind die hohen Vermeidungskosten von Biokraftstoffen jedoch keine spezifische Eigenschaft der Biokraftstoffe, sondern im Gegenteil eine Eigenschaft aller erneuerbaren Energien. Bei einer dynamischen Betrachtung kann es dennoch sinnvoll sein, in erneuerbare Energien zu investieren. Dies gilt insbesondere dann, wenn die Vermeidungskosten aufgrund von neuen Technologien zukünftig sinken, während die Schattenpreise zukünftig steigen. Abbildung 16 zeigt Prognosen über die zukünftigen CO₂-Vermeidungskosten alternativer Energien. Diese zeigen teilweise erhebliche Potenziale zur Kostensenkung. Dies ist eine für junge Technologien typische Entwicklung und verdeutlicht deren beträchtliches Potenzial.

Aus ökonomischer Sicht sind derzeit insbesondere diejenigen Investitionen in Biokraftstoffe sinnvoll, welche die Vermeidungskosten im Zeitverlauf schnell senken können. Bei stetig steigenden Mineralölpreisen und Produktivitätsfortschritten bei Biokraftstoffen wird dies früher oder später zwangsläufig der Fall sein. Insofern kann die heutige Förderung von Biokraftstoffen teilweise auch als vorweggenommene Investition betrachtet werden. Dem entsprechend kann die Kritik, dass Biokraftstoffe nur aufgrund der speziellen Förderung existieren, nicht bewiesen werden.

⁵⁵ Ein Emissionszertifikat, also die Erlaubnis, eine bestimmte Menge CO₂ zu emittieren, kostet derzeit (Mai 2008) an der Leipziger Börse (EEX) ca. 25 Euro pro Tonne.

⁵⁶ Tol (2005) gibt diese Werte in US-Dollar pro Tonne Kohlenstoff an. Zur besseren Vergleichbarkeit wurde diese hier jedoch in US-Dollar pro Tonne CO₂ umgerechnet.

**Abbildung 16: Vermeidungskostenvergleich erneuerbarer Energien in Deutschland 2020/2030
je t CO₂e in Euro**



Quelle: McKinsey&Company, Inc. (2007).

Im Gegensatz zu den diskutierten Investitionen in Forschung und Entwicklung werden durch die aktuellen Quotenregelungen jedoch sehr viele Investitionen für die Produktion und in Produktionskapazitäten getätigt. Aus ökonomischer Sicht ist dies, wie oben ausgeführt, ineffizient. Da jedoch politisch beschlossen wurde, dass in jedem Bereich, und damit auch im Transportsektor, CO₂-Emissionen eingespart werden sollen, stellt sich lediglich die Frage nach der effizientesten Nutzung von Biokraftstoffen in Hinblick auf CO₂-Minderungspotenziale.

Insgesamt betrachtet bieten Biokraftstoffe deutliches Potenzial für eine CO₂-Minderung. Allerdings sind die Kosten der CO₂-Reduktion eindeutig höher als die möglichen Folgekosten des CO₂, weil gegenwärtig die CO₂-Vermeidungskosten durch die Biokraftstoffproduktion noch die Schattenpreise der CO₂-bedingten Schäden übersteigen. Dennoch kann eine Förderung der Biokraftstoffe sinnvoll sein, da zum einen die zukünftigen Vermeidungskosten sinken können und zum anderen, weil Biokraftstoffe zu anderen Zielen der Energiepolitik beitragen, wie beispielsweise einer Erhöhung der Versorgungssicherheit durch eine Diversifikation der Energieträger und der Lieferländer.

6 Schlussfolgerungen

Ansatzpunkt der vorliegenden Studie ist das Zielsystem des weiteren Ausbaus von Biokraftstoffen. Die vorliegenden Erkenntnisse sprechen dafür, dass energiepolitische Aspekte wie der Wunsch nach Versorgungssicherheit, technologiepolitische Erwägungen und der umweltpolitische Gesichtspunkt einer Eindämmung des treibhausgasbedingten Klimawandels einen Ausbau des Biokraftstoffsektors rechtfertigen können. Allerdings ist hierzu eine differenzierte Betrachtung der einzelnen Biokraftstoffe notwendig, um die zur Zielerreichung aussichtsreichsten zu identifizieren und gezielt zu fördern. Chancen bieten ferner Produktivitätssteigerungen bei vorhandenen Biokraftstoffen und neue Technologien im Bereich der Biokraftstoffe der zweiten Generation. Bei entsprechender wirtschaftspolitischer Ausgestaltung und unter Beachtung strenger Nachhaltigkeitskriterien bietet auch ein verstärkter Anbau von Agrarrohstoffen zur Biokraftstofferzeugung in Schwellen- und Entwicklungsländern interessante Perspektiven. Eine rein inländische oder innereuropäische Biokraftstoffversorgung stößt aufgrund von Flächenerfordernissen und relativ hohen Kosten (im Vergleich zu Importen) an Grenzen.

Gewisse Einflüsse einer verstärkten Biokraftstoffnutzung auf die Höhe der Preise von Agrarrohstoffen sind nicht von der Hand zu weisen. Allerdings sind die jüngsten Entwicklungen bei den Preisen von Agrarrohstoffen auch durch andere Faktoren, wie schlechte Ernten, veränderte Ernährungsgewohnheiten und kurzfristige Spekulation bestimmt. Langfristig kann durch eine Änderung der Agrarpolitik sowie durch die Ausweitung und Erhöhung der Nutzungsintensität von Anbauflächen eine Preisexplosion verhindert werden. Die Ausweitung der Flächen wird insbesondere in Afrika und Südamerika stattfinden. Damit der Biomasseanbau dort keine Konflikte zu anderen Nachhaltigkeitszielen verursacht, muss eine Zertifizierung der Biokraftstoffe über die gesamte Produktionskette erfolgen. Hierzu müssen zum einen internationale Standards geschaffen werden und zum anderen Organisationen, die eine Zertifizierung vornehmen.

Insgesamt zeigt die Studie, dass Biokraftstoffe als Entwicklungslinie der erneuerbaren Energien Potenziale zur Reduktion von Treibhausgasen und zur Verminderung der Mineralölabhängigkeit im Verkehrssektor erschließen können. Jedoch wird auch deutlich, dass die CO₂-Vermeidungskosten (noch) relativ hoch sind. Zum jetzigen Zeitpunkt trifft diese Aussage jedoch auf die meisten erneuerbaren Energieträger zu. Ferner gilt es festzuhalten, dass Biokraftstoffe sich durch eine große Heterogenität auszeichnen. Diese erfordert eine detaillierte Analyse von Risiken und erwartetem Nutzen als Basis für einen weiteren Ausbau verschiedener Biokraftstofflinien. In besonderem Maße trifft dies auf die Umwelt- und Klimabilanz zu: Nur ein nachhaltiger Anbau der Biomasse garantiert eine positive CO₂-Bilanz.

Literatur- und Quellenverzeichnis

1) Literatur

Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen (2007), Pressedienst Nr. 08/07.

Bockey, Dieter (2006), Biodiesel und pflanzliche Öle als Kraftstoffe – aus der Nische in den Kraftstoffmarkt, in: Technikfolgenabschätzung: Theorie und Praxis, 15. Jahrgang, Nr. 1, April 2006, S. 10-15.

Bräuninger, Michael; Koller, Cornelia; Matthies, Klaus; Pflüger, Wolfgang; Roestel, Axel-Adrian; Weinert, Günter (2005), Strategie 2030: Energierohstoffe, Studie des HWWI und der Berenberg Bank, Juli 2005.

Bräuninger, Michael, Kriedel, Norbert, Schröer, Sebastian (2007a), Power für Deutschland – Energieversorgung im 21. Jahrhundert, Studie im Auftrag der HypoVereinsbank, November 2007.

Bräuninger, Michael; Leschus, Leon; Vöpel, Henning (2007b), Biokraftstoffe und Nachhaltigkeit – Ziele, Probleme, Instrumente, Lösungen; HWWI Policy Report Nr. 5.

Bundesamt für Energie (2008), Ökobilanz von Energieprodukten: Life cycle assessment of Biomass-to-Liquid fuels, Autoren: Niels Jungbluth, Sybille Büsser, Rolf Frischknecht, Matthias Tuchschnid (ESU-services GmbH, Uster), 21. Februar 2008, Bern.

Bundesministerium der Finanzen (2007), Erlass zum Biokraftstoffquotengesetz vom 15. September 2006.

Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (2006a), Erneuerbare Energien – Innovationen für die Zukunft, Stand: April 2006, Berlin.

Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (2006b), Erneuerbare Energien: Arbeitsplatzeffekte, Wirkungen des Ausbaus erneuerbarer Energien auf den deutschen Arbeitsmarkt, Kurzfassung, Juni 2006.

Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (2007a), Erneuerbare Energien in Zahlen – nationale und internationale Entwicklung, Stand November 2007.

Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (2007b), Klimaagenda 2020: Der Umbau der Industriegesellschaft, Hintergrundpapier, April 2007.

Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (2008a), Entwicklung der erneuerbaren Energien in Deutschland im Jahr 2007, Grafiken und Tabellen, Stand 12. März 2008.

Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (2008b), Entwicklung der erneuerbaren Energien in Deutschland im Jahr 2007, Stand 12. März 2008.

Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (2008c), Bruttobeschäftigung 2007 – eine erste Abschätzung, Stand: 14. März 2008.

Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit / Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (2007), Roadmap Biokraftstoffe, Gemeinsame Strategie von BMU/BMELV, VDA, MWV, IG, VDB und DBV, Stand 14.11.2007.

CONCAWE, European Council for Automotive R&D, Institute for Environment and Sustainability – Joint Research Centre of the European Commission (2004), Well-to-Wheels Analysis of Future Automotive Fuels and Powertrains in the European Context, Well-to-Wheels Report, Version 1b, Ispra: IES.

Deutsche Energie-Agentur GmbH dena (2006), Biomass to Liquid – BtL: Realisierungsstudie, Zusammenfassung, Stand: Dezember 2006, Hamburg.

Europäische Kommission (2000), Hin zu einer europäischen Strategie für Energieversorgungssicherheit, KOM(2006) 769 endgültig, Brüssel.

Europäische Kommission (2006a), Biokraftstoffe in der Europäischen Union: Die Situation aus landwirtschaftlicher Sicht, Fact Sheet.

Europäische Kommission (2006b), Eine EU-Strategie für Biokraftstoffe, KOM(2006) 34 endgültig, 8.2.2006, Brüssel.

Europäische Kommission (2007), The impact of a minimum 10% obligation for biofuel use in the EU-27 in 2020 on agricultural markets, AGRI G-2/WM D(2007), 30. April 2007, Brüssel.

Europäische Kommission (2008), Vorschlag für eine Richtlinie des Europäischen Parlaments und des Rates zur Förderung der Nutzung von Energie aus erneuerbaren Quellen, KOM(2008) 19 endgültig, 23.1.2008, Brüssel.

European Environment Agency (2006), How much bioenergy can Europe produce without harming the environment?, EEA Report, No. 7/2006, Kopenhagen.

European Environment Agency (2007), Estimating the environmentally compatible bioenergy potential from agriculture, EEA Technical report, No. 12/2007.

Fachagentur nachwachsende Rohstoffe (2006), Biokraftstoffe – eine vergleichende Analyse.

Fachagentur nachwachsende Rohstoffe (2007), Daten und Fakten zu nachwachsenden Rohstoffen, 1. Auflage 2007.

Fachagentur nachwachsende Rohstoffe (2008), Biokraftstoffe – Basisdaten Deutschland, Stand: Januar 2008.

Fritsche, Uwe R. et al. (2004), Stoffstromanalyse zur nachhaltigen energetischen Nutzung von Biomasse, Verbundprojekt gefördert vom BMU im Rahmen des ZIP, Projektträger: FZ Jülich, Teilnehmer: Öko-Institut e.V., Institut Umwelt-, Sicherheits- Energietechnik UMSICHT, Institut für Energetik und Umwelt, ifeu, izes, Institut für Geoökologie, TU München: Lehrstuhl für Wirtschaftslehre des Landbaus, Mai 2004, Darmstadt u.a.

Gabriel, Sigmar (2008), Die Nutzung von Biomasse zur Energie- und Kraftstofferzeugung, Eingangsstatement auf der Bundespressekonferenz am 04. April 2008. Abruf am 16.05.2008 unter http://www.erneuerbarenergien.de/files/pdfs/allgemein/application/pdf/statement_biosprit_4a_pril2008.pdf.

Institut für Energetik und Umwelt (2008), Kosten und Ökobilanzen von Biokraftstoffen, Kurzfassung, Autoren: Sebastian Brauer, Alexander Vogel, Franziska Müller-Langer, Studie im Auftrag der UFOP, 11. März 2008, Leipzig.

Intergovernmental Panel on Climate Change (2007), Summary for Policymakers, in: Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M. Tignor and H.L. Miller (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.

International Energy Agency (2002), Biofuels for transport – An international perspective, Paris.

Linkohr, Rolf (2003), Regenerative Kraftstoffe aus Sicht der Politik, in: Regenerative Kraftstoffe: Entwicklungstrends, Forschungs- und Entwicklungsansätze, Perspektiven, Sammelband der Fachtagung des Forschungsverbunds Sonnenenergie, hrsg. Michael Specht u.a., Stuttgart.

Matthies, Klaus (2008), Konjunkturschlaglicht: Rekordpreise bei Nahrungsmitteln, Wirtschaftsdienst 5/2008.

McKinsey&Company, Inc. (2007), Kosten und Potenziale der Vermeidung von Treibhausgasemissionen in Deutschland.

Nitsch, Joachim et al. (2004), Ökologisch optimierter Ausbau der Nutzung erneuerbarer Energien in Deutschland, Gemeinschaftsprojekt des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt – Institut für Technische Thermodynamik, Institut für Energie- und Umweltforschung, Wuppertal für Klima, Umwelt und Energie, Langfassung März 2004, Stuttgart, Heidelberg, Wuppertal.

Richtlinie 2003/30/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 8. Mai 2003 zur Förderung der Verwendung von Biokraftstoffen oder anderen erneuerbaren Kraftstoffen im Verkehrssektor.

Price, Richard; Thornton, Simeon; Nelson, Stephen (2007), The Social Cost Of Carbon And The Shadow Price Of Carbon: What They Are, And How To Use Them In Economic Appraisal In The UK, Economics Group, Department for Environment, Food and Rural Affairs.

Quirin, M., Gärtner, S. O., Pehnt, M., Reinhardt, G. A. (2004), CO₂-neutrale Wege zukünftiger Mobilität durch Biokraftstoffe. Eine Bestandsaufnahme, Endbericht, IFEU, Heidelberg.

Reinhardt, Guido; Gärtner, Sven; Patyk, Andreas; Rettenmaier, Nils (2006), Ökobilanzen zu BTL: Eine ökologische Einschätzung, IFEU – Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg GmbH.

Sachverständigenrat für Umweltfragen (2005), Umwelt und Straßenverkehr, Hohe Mobilität - Umweltverträglicher Verkehr, Sondergutachten.

Sachverständigenrat für Umweltfragen (2007), Klimaschutz durch Biomasse, Sondergutachten Juli 2007, Berlin.

Schmitz, Michael (2008), Internationale Nahrungsmittelkrise: Ursachen und Maßnahmen, Wirtschaftsdienst 5/2008.

Schmitz, N., Wilkening, L., Höring, K. (2003), Bioethanol in Deutschland.:Verwendung von Ethanol und Methanol aus nachwachsenden Rohstoffen im chemischtechnischen und im Kraftstoffsektor unter besonderer Berücksichtigung von Agraralkohol, Münster: Landwirtschaftsverlag.

Stern, Nicholas (2006), Stern-Review: The Economics of Climate Change, Oktober 2006, London.

Thran et al. (2005), Nachhaltige Biomassenutzungsstrategien im europäischen Kontext: Analyse im Spannungsfeld nationaler Vorgaben und der Konkurrenz zwischen festen, flüssigen und gasförmigen Bioenergieträgern, Gemeinschaftsprojekt des Institut für Energetik und Umwelt, der Universität Hohenheim: Institut für Landwirtschaftliche Betriebslehre, der Bundesforschungsanstalt für Forst- und Holzwirtschaft (BFH) und dem Öko-Institut e.V., 30. November 2005, Leipzig.

Tol, R.S.J. (2005), The marginal damage costs of carbon dioxide emissions: an assessment of the uncertainties', Energy Policy, 33, S. 2064-2074.

Union zur Förderung von Oel- und Proteinpflanzen (2007), Die aktuelle Biokraftstoff-Gesetzgebung, Stand: 01/07, Berlin.

Wissenschaftlicher Beirat Agrarpolitik beim BMELV (2007), Nutzung von Biomasse zur Energiegewinnung: Empfehlungen an die Politik, November 2007, Berlin.

World Business Council for Sustainable Development (2007), Biofuels, Issue Brief, Energy and Climate Focus Area, November 2007.

2) Datenquellen und Websites

Arbeitsgemeinschaft Qualitätsmanagement Biodiesel e.V., Zahlen zum Biodieselabsatz 2007, http://www.agqm-biodiesel.de/_1_135.html.

BtL-Informationsplattform, <http://www.btl-plattform.de/>.

Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz, www.bmelv.de.

Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (2008), Energiestatistiken.

CHOREN Industries GmbH, <http://www.choren.com/de/>.

EurObserv'ER (2007), Biofuels Barometer – May 2007, in: Le journal des Énergies Renouvelables No. 179, www.energies-renouvelables.org/observ-er/stat_baro/observ/baro179_b.pdf.

European Biodiesel Board, Statistics on Biodiesel, www.ebb-eu.org/stats.php.

European Energy Exchange (EEX), Leipzig, <http://www.eex.com/de/>.

Food and Agriculture Organization of the United Nations, FAO/Terrastat, <http://www.fao.org/ag/agl/agll/terrastat/>.

Landwirtschaftliche Biokraftstoffe e.V., Bioethanol-Fakten, http://www.lab-biokraftstoffe.de/Zahlen_2008.html.

Internationales Wirtschaftsforum Regenerative Energien, Bioethanol-Produktionskapazitäten, www.iwr.de/bioethanol/kapazitaeten.html.

Mineralölwirtschaftsverband e. V. (2006), MWV-Prognose 2025 für die Bundesrepublik Deutschland, Stand: 27. Juni 2006.

Informationssystem Nachwachsende Rohstoffe, Nachwachsende Rohstoffe: Anbauflächen in Deutschland, www.inaro.de/Deutsch/d_index.htm.

Statistische Ämter des Bundes und der Länder, Flächennutzung 2004, http://www.statistik-portal.de/Statistik-Portal/de_ib09_jahrtaf1.asp.

Union zur Förderung von Oel- und Proteinpflanzen (2008), Marktinformationen Ölsaaten und Biokraftstoffe, Ausgabe April 2008.

Union zur Förderung von Oel- und Proteinpflanzen, www.ufop.de.

United States Department of Agriculture, <http://www.usda.gov/wps/portal/usdahome>.

Anhang

	Biodiesel aus Rapsöl	Rapsöl	Bioethanol aus Zuckerrüben	Bioethanol aus Getreide	Bioethanol aus Lignozellulose	Bioethanol aus Zuckerrohr (Brasilien)	BTL
Heizwert in MJ je l	33,1	34,59	21,17	21,17	21,17	21,17	33,45
Bruttkraftstoffefftrag in GJ je ha Anbaufläche	51	51	132	54	21	137	135
GJ je ha (netto)	38	35	88	30	18	116	118
Biomasse (t/ha)	3,4	3,4	58,02	6,6	2,88	73,8	15-20
Biokraftstoff (l/t Biomasse)	455	435	108	387	342	88	269
Biokraftstoff (l/ha)	1547	1479	6237	2554	985	6458	4028
Bruttkraftstoffefftrag (GJ/ha)	51	51	132	54	21	137	135
Euro je GJ	19,03	14,17	24,09	21,97	30	9,45	29,9
Euro je l Kraftstoffäquivalent	0,69	0,51	0,78	0,72	0,98	0,31	1,03
Euro je l Biokraftstoff	0,63	0,49	0,51	0,47	0,64	0,2	1
Kostendifferenz (energetisch) Biokraftstoffe – fossil (Euro)	0,37	0,19	0,51	0,45	0,71	-0,1	0,71
Vermeidungskosten Euro je t CO ₂ e	154	82,91	290,87	251,74	294,62	-27,08	272,57
Einsparung kg CO ₂ e je l Biokraftstoff	2,2	2,2	1,15	1,15	1,56	2,4	2,53
Einsparung t CO ₂ e je ha	3,4	3,25	7,17	2,94	1,54	15,5	10,19

Quelle: Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. (2006): Biokraftstoffe eine vergleichende Analyse

Für weitere Literatur siehe: Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. (2006): Biokraftstoffe eine vergleichende Analyse

Kraftstoff	Dichte kg je l	Kraftstoffäquivalenz in l
Diesel	0,83	1
Rapsöl	0,92	0,96
Biodiesel	0,88	0,91
Biomass-to-Liquid (BtL)*	0,76	0,97
Ottokraftstoff	0,74	1
Bioethanol	0,79	0,65

*Werte auf Grundlage von FT-Kraftstoffen

Quelle: Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. (2008): Biokraftstoffe Basisdaten Deutschland

Für weitere Literatur siehe: Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. (2008): Biokraftstoffe Basisdaten Deutschland

Vermeidungskosten von Biokraftstoffen gemäß ausgewählter Studien in CO₂e je t in Euro

Kraftstoff	Vermeidungskosten je t CO ₂ e in €	Quelle
Biodiesel (Raps)	35 – 1600	QUIRIN (2004)
	280 – 350	CONCAWE (2004)
	110	SRU (2005)
Biodiesel (Sonnenblume)	0 – 750	QUIRIN (2005)
	220 – 260	CONCAWE (2005)
Rapsöl	-50 – 1000	QUIRIN (2004)
Sonnenblumenöl	-50 – 400	QUIRIN (2004)
Bioethanol (Zuckerrohr)	20 – 150	QUIRIN (2004)
Bioethanol (aus Zuckerrüben)	90 – 1100	QUIRIN (2004)
	250 – 560	CONCAWE (2004)
	500 – 1000	SCHMITZ (2003)
	320	SRU (2005)
BTL (Holz)	100 – 600	QUIRIN (2004)
	300	CONCAWE (2004)
	120	SRU (2005)
Wasserstoff	620 – 650	CONCAWE (2004)
Zum Vergleich: EEX Carbon Index der EEX, Stand Mai 2008	25	EEX (2008)

HWWI Policy Papers

der HWWI-Kompetenzbereiche „Wirtschaftliche Trends“ sowie
„Hamburg und regionale Entwicklungen“

10. [Das Bundeselterngeld- und Elternzeitgesetz in Deutschland: Analyse potenzieller Effekte auf Geburtenzahl und Fertilitätsstruktur](#)
Nora Reich
Hamburg, Dezember 2008
9. [Champions des Sports 2008 - Ein empirischer Vergleich deutscher Sportstädte](#)
Max Steinhardt, Henning Vöpel
Hamburg, November 2008
8. [Regionale Unternehmens- und Beschäftigungsdynamik](#)
Michael Bräuninger, Friso Schlitte
Hamburg, Dezember 2007
7. [Erbschaftssteuer – Abschaffen ist besser als revidieren](#)
Thomas Straubhaar
Hamburg, Dezember 2007
6. [Gesundheitsentwicklung in Deutschland bis 2037 – Eine volkswirtschaftliche Kostensimulation](#)
Michael Bräuninger et al.
Hamburg, Dezember 2007
5. [Ökologische Steuerreform in der Schweiz](#)
Michael Bräuninger, Sven Schulze, Thomas Straubhaar
Hamburg, Oktober 2007
4. [Champions des Sports – Ein empirischer Vergleich deutscher Sportstädte](#)
Max Steinhardt, Henning Vöpel
Hamburg, Oktober 2007
3. [Wirtschaftsfaktor Erdgasbranche](#)
Michael Bräuninger et al.
Hamburg, August 2007
2. [Auswirkungen von Strompreiserhöhungen auf Preise, Wachstum und Wettbewerbsfähigkeit](#)
Michael Bräuninger, Jörg Hinze, Norbert Kriedel, Henning Vöpel
Hamburg, April 2007
1. [Demographische Entwicklung: Problem oder Phantom?](#)
Sebastian Schröer, Thomas Straubhaar
Hamburg, November 2006

Das **Hamburgische WeltWirtschaftsinstitut (HWWI)** ist ein gemeinnütziger, unabhängiger Think Tank mit den zentralen Aufgaben:

- die Wirtschaftswissenschaften in Forschung und Lehre zu fördern,
- eigene, qualitativ hochwertige Forschung in Wirtschafts- und Sozialwissenschaften zu betreiben,
- sowie die Wissenschaft, Politik, Wirtschaft und die interessierte Öffentlichkeit über ökonomische Entwicklungen unabhängig und kompetent zu beraten und zu informieren.

Das HWWI betreibt interdisziplinäre Forschung in den folgenden Kompetenzbereichen: Wirtschaftliche Trends, Hamburg und regionale Entwicklungen, Weltwirtschaft sowie Migration Research Group.

Gesellschafter des im Jahr 2005 gegründeten Instituts sind die Universität Hamburg und die Handelskammer Hamburg.

Hamburgisches WeltWirtschaftsinstitut (HWWI)

Heimhuder Straße 71 | 20148 Hamburg

Tel +49 (0)40 34 05 76 - 0 | Fax +49 (0)40 34 05 76 - 776

info

@hwwi.org | www.hwwi.org