Texte
79
99
ISSN
0722-186X

Aktuelle Bewertung des Einsatzes von Rapsöl/RME im Vergleich zu Dieselkraftstoff

von

Katja Kraus
Guido Niklas
Dr. Matthias Tappe

Umweltbundesamt

Anhang 1
„Ressourcen- und Emissionsbilanzen: Rapsöl und RME im Vergleich zu Dieselkraftstoff"
Dr. Guido A. Reinhardt
ifeu-Institut, Heidelberg

Anhang 2
„Ökonomische Bewertung des Einsatzes von Rapsöl und RME gegenüber Dieselkraftstoff"
Prof. Dr. Cay Folkers
Ruhr-Universität (Lehrstuhl für Finanzwissenschaft), Bochum

Diese TEXTE-Veröffentlichung kann bezogen werden bei
Vorauszahlung von DM 20,-- (10,26 Euro)
durch Post- bzw. Banküberweisung,
Verrechnungsscheck oder Zahlkarte auf das

Konto Nummer 4327 65 - 104 bei der
Postbank Berlin (BLZ 10010010)
Fa. Werbung und Vertrieb,
Ahornstraße 1-2,
10787 Berlin

Parallel zur Überweisung richten Sie bitte
eine schriftliche Bestellung mit Nennung
der **Texte-Nummer** sowie des **Namens**
und der **Anschrift des Bestellers** an die
Firma Werbung und Vertrieb.

Der Herausgeber übernimmt keine Gewähr
für die Richtigkeit, die Genauigkeit und
Vollständigkeit der Angaben sowie für
die Beachtung privater Rechte Dritter in den Anhängen.
Die in den Anhängen geäußerten Ansichten
und Meinungen müssen nicht mit denen des
Herausgebers übereinstimmen.

Herausgeber: Umweltbundesamt
Postfach 33 00 22
14191 Berlin
Tel.: 030/8903-0
Telex: 183 756
Telefax: 030/8903 2285
Internet: http://www.umweltbundesamt.de

Redaktion: Fachgebiet III 2.3
Katja Kraus

Berlin, Dezember 1999

Aktuelle Bewertung des Einsatzes von Rapsöl /RME im Vergleich zu Dieselkraftstoff

(Auf der Grundlage der Studien des ifeu-Institutes „Ressourcen- und Emissionsbilanzen: Rapsöl und RME im Vergleich zu Dieselkraftstoff" und der Ruhr-Universität Bochum „Gutachten zur ökonomischen Bewertung von Rapsöl/ RME gegenüber Dieselkraftstoff")

Inhaltsverzeichnis

1 Einleitung 2
2 Kerninhalte und Ergebnisse der Ökobilanz Rapsöl von 1993 3
2.1 Aufgabenstellung und Rahmenbedingungen 3
2.2 Ergebnisse 4
2.3 Gesamteinschätzung 6
2.4 Kritik an der Ökobilanz von 1993 7
3 „Ressourcen- und Emissionsbilanzen: Rapsöl und RME im Vergleich zu Dieselkraftstoff" (ifeu Heidelberg, 1998) 8
3.1 Aufgabenstellung 8
3.2 Ergebnisse 8
3.3 Zusammenfassung und Bewertung 12
4 „Gutachten zur ökonomischen Bewertung von Rapsöl/RME gegenüber Dieselkraftstoff" (Ruhr-Universiät Bochum, 1998) 15
4.1 Aufgabenstellung 15
4.2 Ergebnisse 15
4.3 Zusammenfassung und Bewertung 20
5 Gesamtbewertung durch das Umweltbundesamt 21
6 Literaturangaben 22

Anhang 1: Gutachten: „Ressourcen- und Emissionsbilanzen: Rapsöl und RME im Vergleich zu Dieselkraftstoff", ifeu-Institut, Heidelberg
Anhang 2: „Gutachten zur ökonomischen Bewertung von Rapsöl/ RME gegenüber Dieselkraftstoff", Ruhr-Universität, Bochum

1 Einleitung

Nachwachsende Rohstoffe werden seit längerem als Alternative zu Brenn- und Kraftstoffen diskutiert. Zum einen werden dabei die ökologischen Vorteile gegenüber den fossilen Brennstoffen als Begründung für einen verstärkten Anbau genannt, insbesondere die Möglichkeiten der CO_2-Minderung und der Ressourcenschonung. Zum anderen spielen ökonomische Gründe in der Diskussion eine große Rolle. Stichworte sind dabei u. a. Einkommenssicherung der Landwirte, Arbeitsplätze im ländlichen Raum oder Alternativen zur Flächenstillegung.

Ein verantwortungsvoller Umgang mit fossilen Rohstoffen und Energieträgern ist heute aus Gründen der Ressourcenschonung und des Umweltschutzes notwendig, dies sollte jedoch nicht zu einer voraussetzungslosen Förderung nachwachsender Rohstoffe in allen Bereichen führen. Als Entscheidungskriterium für die Förderung von Alternativen aus ökologischer Sicht dient dabei der Vergleich der Umweltbelastung über den gesamten Lebenszyklus, in welchen Produktion, Verarbeitung und Nutzung eingeschlossen sind.

Das Umweltbundesamt legte 1993 erstmals eine umfassende Bilanzierung der ökologischen Auswirkungen sowie eine ökonomische Bewertung von Rapsöl und Rapsölmethylester (RME) im Vergleich zu Dieselkraftstoff (UBA-Texte 4/93 „Ökobilanz Rapsöl" [1]) vor. Neben der „Ökobilanz Rapsöl" des UBA sind bis heute eine Vielzahl von Arbeiten und umfassenden Werken zur Thematik der Nutzung von RME bzw. allgemein zur Nutzung nachwachsender Rohstoffe zu energetischen Zwecken veröffentlicht worden. Dabei spielen zum einen die ökologischen Vor- und Nachteile eine Rolle, zum anderen ökonomische Fragen bei der Nutzung, da durch die nachwachsenden Rohstoffe in dem Maß, in dem sie eingesetzt werden, konventionelle Energieträger verdrängt werden.

Als Beispiel seien hier einige aktuelle Veröffentlichungen genannt: *„Ganzheitliche Bilanzierung von nachwachsenden Energieträgern unter verschiedenen ökologischen Aspekten"* von 1997 [2] (ein Projekt, gefördert durch die Deutsche Bundesstiftung Umwelt, Osnabrück), das Buch *„Nachwachsende Energieträger - Grunlagen, Verfahren, ökologische Bilanzierung"*, ebenfalls von 1997 [3], der Bericht des Büros für Technikfolgenabschätzung beim Deutschen Bundestag *„Monitoring - Nachwachsende Rohstoffe"* (1997) [4] oder die Schweizer Studie *„Treibstoffe aus Biomasse"* [5]. Zum Thema der Bewertung sei an dieser Stelle auf die *„Methodik der produktbezogenen Ökobilanzen - Wirkungsbilanz und Bewertung"* [6] verwiesen.

Seit der Veröffentlichung der „Ökobilanz Rapsöl" im Jahre 1993 hielt die rege Diskussion zu diesem Thema an. Dies lag zum einen daran, daß die ablehnende Haltung des Umweltbundesamtes zum Einsatz von RME als Dieselkraftstoffersatz kontrovers diskutiert wurde. Die ablehnende Haltung wurde mit den geringen bzw. fehlenden ökologischen Vorteilen und den ökonomischen Nachteilen für die Volkswirtschaft bei einer flächendeckenden Nutzung begründet. Ferner wurde stets die wissenschaftliche Diskussion fortgeführt, da sich die Randbedingungen der Nutzung in den vergangenen Jahren stark verändert haben, z. B. haben sich die genehmigte Flächengröße für den Anbau von Non-Food-Raps und die Höhe der Stillegungsprämien geändert. Aber auch die Methodik der Bilanzierung ökologischer Effekte [6] ist weiterentwickelt worden, und es liegt heute eine genauere Datenbasis für den damals untersuchten Vergleich von RME/Rapsöl und Dieselkraftstoff vor.

Bei der damaligen Veröffentlichung der „Ökobilanz Rapsöl" wurde vom Umweltbundesamt eine Aktualisierung der Studie in Aussicht gestellt, falls sich wesentliche neue wissenschaftliche Erkenntnisse zu Umweltdaten und zur Wirtschaftlichkeit von Rapsöl und RME sowie zur Methodik der Ökobilanzierung ergeben sollten. Wegen des umweltpolitischen Interesses an nachwachsenden Rohstoffen wurden nunmehr die entsprechenden Teile der Studie auf den neuesten Stand gebracht. Hierzu haben das ifeu-Institut Heidelberg ein Gutachten zu Ressourcen- und Emissionsbilanzen (vgl. Anhang 1) und der Lehrstuhl für Finanzwissenschaft der Ruhr-Universität Bochum ein Gutachten zur ökonomischen Bewertung (vgl. Anhang 2) im Auftrage des Umweltbundesamtes erstellt.

2 Kerninhalte und Ergebnisse der Ökobilanz Rapsöl von 1993

2.1 Aufgabenstellung und Rahmenbedingungen

Die wesentlichen Aufgabenstellungen für die Studie „Ökobilanz Rapsöl" von 1993 [1] waren:

1. Inwieweit kann RME/Rapsöl als Ersatz für Dieselkraftstoff (DK) aus Rohöl zur Minderung der Emissonen von klimarelevanten Spurengasen beitragen?
2. Welche Umweltauswirkungen und Risiken sind mit Anbau, Transport und Herstellung von Rapsöl/RME im Vergleich zu Dieselkraftstoffen verbunden?

Als „Systemgrenze" wurde Deutschland festgelegt. Die Umweltauswirkungen durch den Anbau der Rapssaat fallen somit fast ausschließlich innerhalb der Systemgrenzen an. Rohölförderung und -transport finden jedoch fast ausschließlich außerhalb der deutschen

Grenzen und somit außerhalb der Systemgrenzen statt. Deshalb wurden diese Kategorien weltweit bilanziert.

Als Referenzszenario wurde gegenüber dem Rapsanbau von der Stillegung der landwirtschaftlichen Fläche ausgegangen. Dieser Punkt wurde in Fachkreisen widersprüchlich diskutiert.

Es folgte eine den damaligen wissenschaftlichen Erkenntnissen entsprechende Sachbilanz folgender Wirkungskategorien:

1. Boden- und Gewässerbelastung durch Anbau und Verarbeitung von Raps bzw. Rohölgewinnung, Verarbeitung und Transport,
2. Ökologische Risiken durch Pflanzenzüchtung und Genetik beim Anbau von Raps,
3. Treibhauseffekt durch Kohlendioxid und sonstige klimarelevante Spurengase einschließlich einer Energiebilanz,
4. Emissionsvergleich der Abgase von Dieselmotoren, die mit Dieselkraftstoff bzw. RME/Rapsöl betrieben werden,
5. Ökonomische Bewertung von RME und anderer Alternativen zur Minderung von Treibhausgasen.

Anhand dieser Auswahl wurde zum damaligen Zeitpunkt mit der verfügbaren Datenbasis und einer in der Entwicklung befindlichen Ökobilanzmethodik eine gesamtökologische Bewertung durchgeführt. Nach heutigen Erkenntnissen würde man diese Studie als vergleichende Sachbilanz bezeichnen, die um ökonomische Betrachtungen ergänzt wurde.

2.2 Ergebnisse

Im folgenden werden kurz die Ergebnisse der Studie für einzelne Wirkungskategorien aufgeführt.

1993 wurde geschätzt, daß bei der Gewinnung/Herstellung von Rapsöl als Folge der Stickstoffdüngung 1 bis 9 g Lachgas (N_2O) pro kg Dieselkraftstoffäquivalent (DKÄ) emittiert werden. Die N_2O-Emissionen aus der Nutzung (Verbrennung) von Rapsöl und. Dieselkraftstoff wurden nicht explizit betrachtet, da sie als ungefähr gleich groß geschätzt wurden und mengenmäßig wenig ins Gewicht fallen (unter 1 % der deutschen N_2O-Emissionen). Um die ozonabbauende Wirkung des N_2O quantitativ abschätzen zu können, bedarf es außer der Kenntnis des Ozonabbaupotentials auch der Kenntnis der Konzentrationen weiterer Stoffe in der Atmosphäre in situ. Da diese Zahlen nicht vollständig vorliegen und auch zeitlichen Änderungen unterliegen, wurde 1993 nur darauf verwiesen, daß bei der

Einschätzung der atmosphärischen Wirkung des N_2O auch sein Beitrag zum stratosphärischen Ozonabbau berücksichtigt werden muß.

Bei der Betrachtung von Kohlendioxid und Lachgas als Klimagase ergab sich nach der Umrechnung von Lachgas in CO_2-Äquivalente ein Vorteil für RME in Höhe von 35% gegenüber Dieselkraftstoff. Unter der Annahme, daß maximal 400.000 t Dieselkraftstoff durch RME ersetzt werden können, hätte sich ein Reduktionspotential von 640.000 t CO_2-Äquivalenten pro Jahr ergeben. Bezogen auf die verkehrsbedingten Emissonen beim Dieselkraftstoff beträgt die Minderung ca. 0,5 % bis 0,7 % CO_2-Äquivalente.

In der Ökobilanz von 1993 wurden auch die Emissionen von VOC und NO_x , die zur Bildung des photochemischen Smogs beitragen, aus den Vorketten und dem Verbrauch von RME und Dieselkraftstoff bestimmt. Dies geschah damals allerdings ausschließlich unter dem Aspekt der Wirkung auf das Klima. Die NO_x-Emissonen lagen für RME 6 mal und die VOC-Emissionen 18 mal höher als für Dieselkraftstoff, siehe auch Tabelle 1, S. 10.

In der Ökobilanz von 1993 wurden die Auswirkungen der Verwendung von Rapsöl und RME auf die Emissionen von Fahrzeugdieselmotoren relativ zu Dieselkraftstoff untersucht. Es wurde festgestellt, daß der Vergleich der Schadstoffemissionen kompliziert ist, da die Emissionen (vor allem beim Dieselkraftstoff) stark von der Kraftstoffqualität abhängen. Damals beruhten die Abgasmeßwerte für RME auf Laborkraftstoffen, da es eine Normung noch nicht gab. Weiterhin wurden vielfach nur einzelne, nicht markttypische Motoren und Fahrzeuge in vielfach ebenfalls nicht üblichen Testzyklen und -verfahren untersucht. Unter Berücksichtigung aller Faktoren wurde festgestellt, daß keine repräsentative Datenbasis vorlag. Dies machte sich auch in der sehr großen Breite der absoluten und relativen Ergebnisse der Messungen für die gesetzlich limitierten Abgaskomponenten (HC, CO, NOx und Partikel) und die nichtlimitierten Schadstoffe (Benzol, PAH, Aldehyde) bemerkbar. Aus den damals vorliegenden Daten ergab sich folgendes Fazit: Bei der Verwendung von Rapsöl steigen die Emissionen von Kohlenwasserstoffen, Kohlenmonoxid sowie von wirkungsrelevanten „nichtlimitierten Schadstoffen" gegenüber der Verwendung von Dieselkraftstoff an. Für RME sind die Ergebnisse differenziert zu betrachten. Minderungen bei den Gesamtkohlenwasserstoffen und Kohlenmonoxid stehen Emissionserhöhungen bei den Aldehyden gegenüber. Bei den Stickoxiden werden teilweise Minderungen, überwiegend jedoch Erhöhungen festgestellt. Für kanzerogene Stoffe werden bei PAH und Partikeln z. T. deutliche Minderungen, bei Benzol und Benzo(a)pyren sowohl Minderungen als auch Erhöhungen festgestellt.

Für den Vergleich der Emissionen aus dem Betrieb von Fahrzeugmotoren ergab sich ein uneinheitliches Bild. Für die beiden Kraftstoffe RME und Dieselkraftstoff ergaben sich keine ins Gewicht fallenden Vor- oder Nachteile.

RME und Rapsöl sind biologisch schneller abbaubar als Dieselkraftstoff, so daß bei Unfällen oder Leckagen Binnengewässer, Grundwasser und Boden weniger gefährdet sind. Ein Einsatz von Additiven relativiert diese Bewertung jedoch. Vom Umweltbundesamt wurde 1995 ein positives Votum für den Einsatz von RME in umweltsensiblen Bereichen ausgesprochen; zugleich wurden rapsbasierte Verlustschmierstoffe und Schalöle für den Betonbau empfohlen (UBA-Presse-Information 5/95).

Ein Vorteil ergab sich für RME bei der Betrachtung der Transportwege. Durch die Verringerung von Rohölimporten würde das Risiko der Verschmutzung der Weltmeere vermindert. Die Verringerung der Rohölimporte betrüge aber nur ca. 0,3 %.

Schwierigkeiten bei der Auswertung der Daten ergaben sich damals bei der Wertung von Neben- und Abfallprodukten; hier sei nur als Beispiel die Gutschrift für das Nebenprodukt Glycerin aus der Veresterung genannt. Dadurch erhielt man eine Bandbreite von Ergebnissen, die jedoch die Gesamttendenz der Aussagen nicht veränderten, aber zu einem wesentlichen Punkt der öffentlichen Diskussion wurden.

Zentrale Diskussionspunkte bei der Bewertung von Kraftstoffen aus Raps waren eine Wirtschaftlichkeitsbetrachtung und der Vergleich der Kosten der CO_2-Einsparung im Vergleich zu anderen Maßnahmen der CO_2-Minderung. Der erforderliche Subventionsbedarf, um RME zu einem vergleichbaren Preis zu Dieselkraftstoff anbieten zu können, wurde 1993 bei einem Substitutionspotential von 450.000 t RME jährlich auf 0,7 bis 1,0 Mrd. DM geschätzt, das entspricht 1,40 bis 1,90 DM/l RME.

Würde man gleiche CO_2-Emissionsminderungen durch technische Maßnahmen an PKW und LKW erzielen wollen, wären damit Entwicklungs- und höhere Fahrzeugkosten verbunden. Um durch RME-Einsatz 1 t CO_2 einzusparen, müssen über 1.400 DM an Subventionen eingesetzt werden. Technische Maßnahmen an PKW waren nach damaliger Erkenntnis 8 mal kosteneffizienter, bei einem schweren LKW bis zu 45 mal. Das Rapsölkonzept stellte sich als besonders teure Möglichkeit der CO_2-Verminderung dar.

2.3 Gesamteinschätzung

Das Umweltbundesamt kam damals zu der Gesamteinschätzung, die in der Presseinformation des Umweltbundesamtes 2/93 so dargestellt wurde:

„Die Studie kommt zu dem Ergebnis, daß Rapsöl /RME als nachwachsender Rohstoff einen, allerdings geringen, Beitrag zur Verminderung klimaschädigender Gase leisten kann.

Vorteile ergeben sich beim Gewässerschutz, Nachteile beim Boden- und Naturschutz im Vergleich zur dauerhaften Flächenstillegung. Die Kosten der Klimaentlastung durch Raps als Biokraftstoff sind um ein Vielfaches höher als bei der Klimaentlastung durch fahrzeugtechnische Maßnahmen."

2.4 Kritik an der Ökobilanz von 1993

Die damalige Veröffentlichung wurde in mehreren Punkten kritisiert. Zum Beispiel wurde die Wahl der Systemgrenzen bemängelt, die nach Ansicht aller Beteiligten einen entscheidenden Einfluß auf das Ergebnis ausüben kann. Die ISO-Norm 14040 „Ökobilanz - Prinzipien und allgemeine Anforderungen", die die Wahl der Systemgrenzen beschreibt, wurde erst 1997 veröffentlicht. Mit der Studie von 1993 wurde deshalb methodisches Neuland betreten, und aufgrund von Kenntnislücken konnten nicht alle Fragen beantwortet werden.

Die Wahl des Referenzszenarios löste Diskussionen aus. Die als Referenzfläche gewählte dauerhaft stillgelegte Fläche wurde als realitätsfern angesehen. Diese Kritik wurde vom Umweltbundesamt aufgegriffen. Mittlerweile wird allgemein anerkannt, daß als Referenzszenarium eine stillgelegte Fläche innerhalb einer Fruchtfolge (Rotationsbrache) gewählt wird.

Die Kritik an der 93er Studie konzentrierte sich weiterhin darauf, daß die der betriebswirtschaftlichen Wirtschaftlichkeitsbetrachtung zugrundeliegenden Daten zum Zeitpunkt der Veröffentlichung des Gutachtens bereits überholt gewesen seien, da sie die im Jahre 1992 realisierten weitreichenden agrarpolitischen Reformen und die damit verbundenen veränderten Rahmenbedingungen nicht berücksichtigten. Außerdem falle die ökonomische Bewertung von Rapsöl/RME gegenüber Dieselkraftstoff auch deshalb so negativ aus, da die vermuteten positiven volkswirtschaftlichen Wirkungen in der 93er Studie völlig unberücksichtigt geblieben seien. Diese wurden u. a. in der Einsparung fossiler Energieträger sowie in positiven Beschäftigungs- und Einkommenseffekten gesehen.

Weiterhin wurde kritisiert, daß bei der Berechnung der Bereitstellungskosten für Rapsöl/RME anstelle des Weltmarktpreises der um den jeweiligen Subventionsanteil erhöhte Preis für Rapssaat zugrunde gelegt wurde.

Die Ausführungen zur Kosteneffizienz von RME im Vergleich zu alternativen Maßnahmen der CO_2-Emissionsminderung wurde dahingehend kritisiert, daß es sich bei den angeführten technischen Maßnahmen am Fahrzeug um keine echten Alternativen handele (andere mögliche Maßnahmen zur CO_2-Minderng sind damals nicht betrachtet worden). Sie könnten ebensogut an RME-betriebenen Fahrzeugen durchgeführt werden und seien

insofern unabhängig vom eingesetzten Kraftstoff. Die positiven Effekte von Kraftstoffeinsparung und RME-Einsatz würden sich dann sogar addieren. Außerdem seien die den technischen Maßnahmen am Fahrzeug in Hinblick auf die CO_2-Minderung zugesprochenen Wirkungen sowie die für diese Maßnahmen angesetzten Kosten von seiten der Industrie nicht bestätigt worden und daher mit hohen Unsicherheiten behaftet.

3 „Ressourcen- und Emissionsbilanzen: Rapsöl und RME im Vergleich zu Dieselkraftstoff" (ifeu Heidelberg, 1998)

3.1 Aufgabenstellung

Neue Erkenntnisse im Bereich der Forschung, der Entwicklungen der verarbeitenden Industrie, der Fahrzeugtechnik, der Ökobilanzmethodik, das hohe umweltpolitische Interesse sowie die zuvor genannten Kritikpunkte haben das Umweltbundesamt veranlaßt, die entsprechenden Teile der „Ökobilanz Rapsöl" von 1993 [1] auf den neuesten Stand zu bringen.

Das ifeu-Institut hat die besonders kritisch diskutierten Bereiche des Ressourcenverbrauchs und der luftgetragenen Umweltwirkungen über den gesamten Lebenszyklus der rapsölbasierten Kraftstoffe im Vergleich zu Dieselkraftstoff bilanziert. Die Einschränkung auf diese Bereiche beruht darauf, daß hier die besonderen Umweltvorteile der Pflanzenölkraftstoffe vermutet werden. Ferner konnten aufgrund der von der Deutschen Bundesstiftung Umwelt geförderten, jüngst veröffentlichten Studie „Nachwachsende Energieträger - Grundlagen, Verfahren, Ökologische Bilanzierung" aktuelle wesentliche Erkenntnisse, wie z. B. die Neubestimmung des Referenzsystems (Rotations- statt Dauerbrache), in dem Gutachten berücksichtigt werden.

Als besonders vorteilhaft für Rapsöl und RME gilt die Einsparung fossiler Energieträger und die damit verbundene Minderung der Treibhausgase (vor allem CO_2) . Die Treibhausgasemissionen zu reduzieren, ist eines der vorrangigen Ziele der nationalen und internationalen Umweltpolitik, um eine gefährliche anthropogene Störung des Klimas zu verhindern.

3.2 Ergebnisse

Zur Einschätzung der Umweltrelevanz von RME als Dieselkraftstoffersatz ist das Substitutionspotential dieser Kraftstoffalternative von großer Bedeutung. Der gesamte Inlandsabsatz an Mineralölprodukten lag 1997 in Deutschland bei 132 Mio t. Dem gegenüber steht für 1997 eine Produktion von 100.000 t RME bei einem geschätzten Verbrauch von ca. 70.000 t RME. Zur Zeit wird also weniger als 0,1 % des Mineralöls durch RME substituiert. Eine maßgebliche Steigerung des Rapsanbaus ist in Deutschland und in

der EU nicht möglich, da für das anfallende Rapsschrot aufgrund des geltenden Blair-House-Abkommens eine Mengenbegrenzung von 1 Mio t Soja-Schrot-Äquivalent im Futtermittelsektor besteht und außer der Verwendung als Futtermittel bisher keine wirtschaftlich tragfähige Verwertung gefunden wurde. Deutschland hat 1997 seine nationale Ölsaatengarantiefläche, die einen sanktionsfreien Anbau auf 836.099 ha zuließ, bis auf 7.400 ha ausgeschöpft. EU-weit wurde diese Grenze sogar um ca. 3 % überschritten. Selbst unter der wenig realistischen Annahme, daß auf der gesamten Ölsaaten-garantiefläche Raps zur RME-Herstellung angebaut würde, wären in Deutschland bei durchschnitlichen Rapskornerträgen (ca. 30 dt/ha) maximal 0,85 Mio t RME als Dieselkraft-stoffersatz zu gewinnen. In diesem Fall würden mit 0,64 % immer noch deutlich unter einem Prozent der Mineralölprodukte substituiert.

Die erzielbaren CO_2-Emissionsminderungen reduzieren sich um die zur Gewinnung und Verarbeitung anzusetzenden Fremdenergieanteile. Unter Berücksichtigung der Emissionen von CO_2, Methan (CH_4) und Lachgas (N_2O) könnte zur Minderung des Treibhauseffektes selbst bei einem Ersatz von 850.000 t Dieselkraftstoff durch Rapsöl oder RME ein spezi-fischer Beitrag von maximal 0,22 % CO_2-Äquivalent-Emissionsminderung erzielt werden.

Als nachteilig für den Einsatz von Rapsöl und RME werden die Emissionen von Lachgas bewertet, da N_2O neben der Wirkung als Treibhausgas insbesondere bei langen Zeithorizonten auch zum stratosphärischen Ozonabbau beiträgt. Die N_2O-Emissionen wurden vom ifeu-Institut auf ca. 6 g N_2O/kg DKÄ für RME und auf ca. 0,7 g N_2O/kg Dieselkraftstoff geschätzt. Die erstmals erfaßten N_2O-Emissionen änderten das Ergebnis nicht. Im Jahr 1996 wurden in Deutschland insgesamt ca. 224.000 t Lachgas emittiert. Bei o. g. Anbaupotential würde der spezifische Anteil an den Gesamt-N_2O-Emissionen ca. 1,8 % betragen. Auch in diesem Gutachten konnte die ozonabbauende Wirkung aus den bereits genannten Gründen nicht quantitativ abgeschätzt werden. Trotzdem schlägt in dieser Kategorie das Pendel eindeutig zu Ungunsten des RME aus.

Gegenüber 1993 sind im neuen ifeu-Gutachten ferner fundiertere Betrachtungen zum Photosmog enthalten. Hinsichtlich der leichtflüchtigen organischen Verbindungen (ohne Methan, NMVOC/NMHC) und der Stickoxidemissionen (NO_x), die schon 1993 (aber nur für die Vorketten von Dieselkraftstoff und RME) ausgewiesen wurden, gibt es erhebliche Korrekturen. Aus nachfolgender Tabelle ist ersichtlich, daß die NO_x-Emissionen für RME jetzt höher als 1993 geschätzt werden, da der gesamte Zyklus und nicht wie bisher nur die Vorkette betrachtet wird. Die VOC-Emissionen fallen hingegen jetzt für RME entschieden kleiner aus als 1993. Der scheinbare Anstieg der NO_x- und VOC- Emissionen von Dieselkraftstoff gegenüber 1993 ist auf die Einbeziehung der Emissionen des gesamten Zyklus zurückzuführen.

		RME [g/kg DKÄ]	DK [g/kg DK]
NOx	1993	5	0,8
	1999	11,0	10,8
VOC/ NMHC	1993	15	0,8
	1999	2,5	2,3

Tabelle 1: Vergleich der Studien von 1993 und 1999: NOx- und VOC-Emissionen von Dieselkraftstoff und RME

Die 1993 noch eindeutig negative Bilanz für RME entfällt im neuen Gutachten. Dagegen ergibt sich im Gutachten von 1999 im Rahmen der Meß- und Modellgenauigkeit nahezu eine Äquivalenz der beiden Treibstoffe im Hinblick auf das Sommersmogbildungspotential. Hier zeigt sich, welche Bedeutung es hat, die gesamte Kette zu betrachten und sich nicht auf Teile wie z. B. die Vorkette zu beschränken.

Eine weitere wesentliche Wirkungskategorie ist die Versauerung. Die Emissionen von Säuren und Säurebildnern, z. B. aus Kraftwerken, Verkehr und Industrie, können Böden und Gewässer schädigen und wirken belastend auf Pflanzen, Tiere und Ökosysteme. Die Bilanz ergibt in dieser Wirkungskategorie aufgrund der zusätzlichen Emissionen durch landwirtschaftlichen Anbau (Ammonium aus Wirtschaftsdüngern) einen Nachteil für Rapsöl und RME. Der spezifische Anteil am gesamten Versauerungspotential in Deutschland ist aber bei maximalem Anbaupotential relativ gering und beträgt 0,12 %.

Im Gutachen des ifeu-Institutes sind auch die bei der Nutzung im Kraftfahrzeug auftretenden Abgasemissionen betrachtet worden. Dabei stellte sich heraus, daß zwar für moderne PKW und Nutzfahrzeuge eine Zahl von Einzeldaten vorliegt, jedoch eine statistisch gesicherte Aussage zum Vergleich des Emissonsverhaltens von RME und Dieselkraftstoff, insbesondere über die Lebensdauer des Fahrzeuges, nicht gemacht werden kann. Problematisch ist bei einem Vergleich der Emissionen RME/Dieselbetrieb nicht nur die Repräsentativität der untersuchten Fahrzeuge / Motorkonzepte, sondern auch die oft nicht genau spezifizierte Zusammensetzung der Kraftstoffe, die wesentlich die Ergebnisse beeinflussen kann (durch Variation der Dieselkraftstoffzusammensetzung sind z.B. Änderungen der Partikel- und NO_x-Emissionen von bis zu +/-20% möglich).

Bei der Bewertung der Emissionen sind die Kohlenwasserstoffe (HC) und Kohlenmonoxid (CO) nicht ausschlaggebend, da sie sowohl bei Verwendung von Dieselkraftstoff als auch bei Verwendung von RME sehr niedrig sind. Entscheidend sind die NO_x- und die Partikelemissionen. Beim Vergleich der Emissionen beim Einsatz von RME und Dieselkraftstoff im Motor findet man für den RME-Betrieb im allgemeinen erhöhte NOx-Emissionen (+5 bis +15 %), bedingt durch den hohen Sauerstoffanteil im RME. In Abhängigkeit vom

verwendeten Motorkonzept können die höhere Dichte und Viskosität von RME zu einer weiteren NO_x-Erhöhung (+ 15%) führen.

Bei den HC- und Partikelemissionen findet sich die ganze Bandbreite von starken Minderungen (- 50 % und mehr) über gleichbleibende Emissionen bis hin zu stark erhöhten Emissonen (+50%). Dies ist zum Teil bedingt durch die unterschiedliche chemische Zusammensetzung von Dieselkraftstoff und RME und das damit veränderte Siedeverhalten. RME besteht nur aus relativ hochsiedenden Fettsäuremethylestern, so daß bei der motorischen Verbrennung weniger gasförmige und mehr schwersiedende Kohlenwasserstoffe emittiert werden.

Die Partikel beim RME-Betrieb enthalten üblicherweise deutlich weniger Ruß (elementaren Kohlenstoff), da RME bei der pyrolytischen Zersetzung und der Tröpfchenverbrennung im Dieselmotor durch den chemisch gebundenen Sauerstoff weniger zur Rußbildung neigt, während der Anteil der löslichen organischen Fraktion, hauptsächlich unverbrannter Kraftstoff, stark ansteigt. Diese Fraktion kann durch Abgasnachbehandlungstechnologien wie den Oxidationskatalysator z. T. wieder reduziert werden. Dabei können auch die PAH-Emissionen, deren Anteil an der gesamten Partikelemission nur wenige Prozent beträgt, gesenkt werden. Mit dem Oxidationskatalysator aber nur die Masse der angelagerten Komponenten, nicht jedoch die Anzahl der Partikel gesenkt. Wahrscheinlich entstehen beim Betrieb mit RME kleinere, leichter lungengängige Partikel bei gleichbleibender Teilchenzahl, so daß insgesamt nicht von einer Abnahme des kanzerogenen Potentials auszugehen ist.

Da wie oben ausgeführt eine statistisch abgesicherte Aussage zu den wesentlichen Abgasemissionen NO_x und Partikel nicht möglich ist, werden im Rahmen des Gutachtens die Emissonen auf der Basis der vorliegenden Erkenntnisse als gleich hoch angesetzt, d. h., es wird angenommen, daß beim Betrieb mit RME gegenüber Dieselkraftstoff keine Emissionsvor- oder -nachteile entstehen.

RME ist sehr schwefelarm, darum sind auch nur geringe Sulfat- und SO_2-Emissionen zu verzeichnen. Da der Schwefelgehalt von Dieselkraftstoff seit Oktober 1995 auf 0,05 Massenprozent begrenzt ist, hat sich dieser Vorteil des RME relativiert, und er wird sich weiter verringern, da in der EU ab dem Jahr 2000 nur noch maximal 0,035 Massenprozent und ab 2005 nur noch 0,005 Massenprozent Schwefel zulässig sind (RME-Vornorm DIN 51606: max. 0,01 Massenprozent). Die starke Entschwefelung entsprechend der Kraftstoffqualität für das Jahr 2005 reduziert auch den Aromaten- und Polyaromatengehalt und andere Parameter, so daß dann von geringeren Partikelemissionen auszugehen ist. In Deutschland wird diese Dieselqualität wahrscheinlich schon ab dem Jahr 2000 mittels einer steuerlichen Förderung auf den Markt gebracht werden.

3.3 Zusammenfassung und Bewertung

Im Vergleich zu den in der Ökobilanz von 1993 festgestellten Ergebnissen zeigt das aktuelle ifeu-Gutachten in einigen Wirkungskategorien größere Vorteile für RME, beispielsweise in der Energie- und CO_2-Bilanz aufgrund des geringeren Düngemittelaufwandes und der höheren Gutschriften für die anfallenden Nebenprodukte. Dem stehen jedoch Nachteile in verschiedenen anderen Wirkungskategorien (stratosphärischer Ozonabbau, Versauerung) gegenüber, die in der damaligen Studie nicht näher quantifiziert wurden. Mit den Bilanzen der luftgetragenen Emissionen liegt ein wichtiger aktualisierter Baustein vor, der als wissenschaftliche Grundlage zur ökologischen Beurteilung dieser Kraftstoffe dient. Zu einer vollständigen ökologischen Beurteilung der Kraftstoffe Rapsöl und RME im Vergleich zu Dieselkraftstoff wäre es notwendig, weitere Umwelteinwirkungen, beispielsweise über den Abfall- und den Wasserpfad oder den Natur- und Artenschutz, zu untersuchen und zu bewerten.

Eine Bewertung der Ergebnisse aus der Sachbilanz wird anhand der ökologischen Bedeutung und des spezifischen Beitrages (Anteil an den gesamten Emissionen in dieser Wirkungskategorie in Deutschland) für die untersuchten Wirkungskategorien vorgenommen. Eine strenge Anlehnung an die Methode des Umweltbundesamtes zur Normierung von Wirkungsindikatoren wurde nicht vorgenommen, da das Ziel der ifeu-Studie eine Sachbilanz der luftgetragenen Emissionen war und die Datenbasis für eine gesamtökologische Bilanzierung nur teilweise gegeben ist. Die wesentlichen Ergebnisse der gesamtökologischen Bewertung von Rapsölmethylester im Vergleich zu herkömmlichem Dieselkraftstoff sind in der folgenden Tabelle zusammengefaßt. Im Anschluß an die Tabelle werden einzelne Wirkungskategorien verbal bewertet.

Wirkungskategorien	Bewertg.	Begründung
Ressourcenverbrauch		
Mineralisch	–	• hoher Verbrauch von Kalkstein, Phosphaterz, Kali
Fossile Energien	+	• geringerer Verbrauch von Erdöl
Treibhauseffekt	+	• geringere CO_2-Äquivalent-Emissionen
Ozonabbau	–	• hohe N_2O-Emissionen (Lachgas)
Versauerung	–	• höhere NO_x- und NH_3- Emissionen (Ammoniak dominiert die Bewertung) • geringere SO_2-Emissionen
Eutrophierung	–	• sehr hohe Belastungen bei intensivem Einsatz von Dünge-und Pflanzenschutzmitteln
Sommersmog (Fotosmog)	∅	• NOx- und VOC/NMHC-Emissionen ca. gleich hoch
Humantoxizität (luftgetragene Schadstoffe)	∅	• geringere SO_2-Emissionen, z.T. geringere Partikel-, HC- und CO-Emissionen • höhere NO_x-, NH_3-, Aldehyd- und Staub-Emissionen
Ökotoxizität		
luftgetragene Emissionen	∅	• geringere SO_2-Emissionen, z.T. geringere Partikel-, HC- und CO-Emissionen • höhere NO_x-, NH_3-, Aldehyd- und Staub-Emissionen
Meere und Binnengewässer	+	• geringere Belastungen durch schnelleren biologischen Abbau bei Leckagen und Havarien • Belastungen bei intensivem Einsatz von Dünge- und Pflanzenschutzmitteln
Boden und Grundwasser	–	• sehr hohe Belastungen bei intensivem Einsatz von Dünge- und Pflanzenschutzmitteln • geringere Belastungen durch schnelleren biologischen Abbau bei Leckagen und Havarien
Naturraumbeanspruchung	–	• Flächenbeanspruchung ohne Möglichkeit zum Biotop- und Artenschutz

Tabelle 2: Ergebnisse der ökologischen Bewertung von Rapsölmethylester im Vergleich zu herkömmlichem Dieselkraftstoff durch das UBA

Einteilung angelehnt an die Standardliste der Umwelteinwirkungen, die bei Ökobilanzen Berücksichtigung finden

Symbole:
+ *posive Bewertung für RME*
- *negative Bewertung für RME*
∅ *Bilanz ausgeglichen (weder deutliche Vor- noch Nachteile)*

Die Umweltwirkungskategorie Ressourcenverbrauch ist von großer ökologischer Bedeutung und fällt zugunsten von RME aus; doch nur 0,64% der Mineralölprodukte des Verkehrssektors sind bei Ausschöpfung des maximalen Anbaupotentials substituierbar.

Die beiden Wirkungskategorien Treibhauseffekt und stratosphärischer Ozonabbau werden als von sehr großer ökologischer Bedeutung eingeschätzt. Durch den Einsatz von RME könnten die CO_2-Äquivalentemissionen in Deutschland um 0,22 % vermindert werden. Der Beitrag des RME zu den N_2O-Emissionen beträgt 1,8 % und ist dem Einsatz von RME nachteilig anzurechnen. Der daraus resultierende Beitrag zum stratosphärischen Ozon-

abbau ist, wie weiter vorne bereits beschrieben, schwer quantifizierbar. Das sich ergebende Bild für diese Wirkungskategorien mit großer bzw. sehr großer ökologischer Bedeutung ist somit nicht eindeutig.

Die weiteren untersuchten Wirkungskategorien (z. B. Versauerung oder Ökotoxizität) werden von ihrer ökologischen Bedeutung als geringer eingeschätzt. Die Ergebnisse der Betrachtung beider Kraftstoffketten (RME und DK) liegen in weiteren Wirkungskategorien so nah beieinander (siehe Ergebnisse zu Ozonvorläufersubstanzen in Tab.1 und die als gleichwertig eingeschätzten motorischen Emissionen), daß hier kein Vorteil für einen Kraftstoff ausgemacht werden kann, der die ökologische Gesamtbewertung beeinflußt.

Weitere Wirkungskategorien, wie die Belastung der Gewässer oder des Bodens oder die Inanspruchnahme von Flächen, werden in der oben stehenden Tabelle zwar aufgeführt, wurden aber nicht im Rahmen dieser Studie quantifiziert. In der Wirkungskategorie Belastung der Meere und Binnengewässer wird der Vorteil durch die bessere biologische Abbaubarkeit von RME so groß eingeschätzt, daß man in dieser Kategorie zu einer positiven Bewertung für RME kommt. Dagegen wird in der Wirkungskategorie Belastung des Bodens und des Grundwassers angenommen, daß durch hohen Einsatz von Düngemitteln und Pflanzenschutzmitteln sowie Wirtschaftsdünger eine große Belastung eintreten kann, die die Bewertung dominiert, so daß sich insgesamt eine negative Bewertung in dieser Kategorie für RME ergibt.

Eine abschließende Gesamtbewertung zugunsten eines der beiden Kraftstoffe kann nach Ansicht des Umweltbundesamtes aus ökologischer Sicht daraus nicht abgeleitet werden.

4 „Gutachten zur ökonomischen Bewertung von Rapsöl/RME gegenüber Dieselkraftstoff" (Ruhr-Universiät Bochum, 1998)

4.1 Aufgabenstellung

Neben der rein ökologischen Bilanzierung von Kraftstoffalternativen hat auch die Frage eines effizienten Mitteleinsatzes für die umweltpolitischen Ziele eine herausragende Bedeutung. Für die wissenschaftliche Unterstützung der Umweltpolitik kommt es auch darauf an, Wege aufzuzeigen, wo mit möglichst geringem finanziellen Aufwand weitreichende Umweltentlastungseffekte erzielt werden können. Die Ruhr-Universität Bochum (Lehrstuhl für Finanzwissenschaft) hat daher im Auftrag des Umweltbundesamtes ein Gutachen zur ökonomischen Bewertung des Einsatzes von Rapsöl und RME im Vergleich zu Dieselkraftstoff erstellt, das hiermit ebenfalls veröffentlicht wird.

Darin wird der Einsatz von Rapsöl/RME als Ersatz für Dieselkraftstoff auf der Grundlage einer aktualisierten Datenbasis unter betriebswirtschaftlichen, volkswirtschaftlichen und umweltökonomischen Aspekten analysiert und bewertet. Auf der Basis dieser gegenüber der Studie aus dem Jahre 1993 umfassenderen ökonomischen Betrachtung ist es möglich, zu einer begründeten Aussage über die Wirtschaftlichkeit des Einsatzes von Rapsöl/RME als Ersatz für Dieselkraftstoff zu gelangen.

Die Erstellung eines gesonderten ökonomischen Gutachtens trägt darüber hinaus der Forderung Rechnung, sich der seinerzeit am ökonomischen Teil der Ökobilanz Rapsöl des Jahres 1993 geübten Kritik (vgl. Kap. 2) zu stellen, die in Abschnitt 2.4 dargestellt wurde.

4.2 Ergebnisse

Das ökonomische Gutachten kommt in seinem betriebswirtschaftlichen Teil zu dem Ergebnis, daß der Einsatz von Rapsöl/RME im Vergleich zu Dieselkraftstoff nicht wirtschaftlich ist und auf absehbare Zeit auch nicht sein wird. Ohne Abgaben kostet ein Liter Dieselkraftstoff ab Tankstelle derzeit durchschnittlich 44,1 Pf. Für Rapsöl/RME ergeben sich 67,8 bis 95 Pf/Liter Dieselkraftstoffäquivalent. (Dieser Preis berücksichtigt die unterschiedlichen Heizwerte von Rapsöl/RME und Dieselkraftstoff. Bei der Berechnung wurde die derzeitige Produktionsmenge zugrunde gelegt.)

Bei erheblicher Ausdehnung der Anbaumenge verschlechtert sich die Wettbewerbssituation für Rapsöl/RME weiter drastisch, da mit der Mengenausdehnung gleichzeitig ein Preisverfall bei den Kuppelprodukten Rapsschrot und Glycerin verbunden ist. Ferner muß

berücksichtigt werden, daß der Vergleich der Bereitstellungskosten dadurch verzerrt wird, daß der abgabenfreie Tankstellenpreis für Dieselkraftstoff Gewinne und Handelsspannen beinhaltet, wohingegen die Kalkulation der Bereitstellungskosten für Rapsöl/RME lediglich Kostendeckung unterstellt.

Gegenüber der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung aus dem Jahre 1993 wurde die Forderung erhoben, bei der Berechnung der Bereitstellungskosten für Rapsöl/RME den Weltmarktpreis zugrunde zu legen anstelle des um den jeweiligen Subventionsanteil erhöhten Preises für Rapssaat. Dieser Kritik ist nunmehr insofern entsprochen worden, als den aktuellen Berechnungen nicht der Weltmarktpreis für Food-Raps, sondern der deutlich darunter liegende Marktpreis für Non-Food-Raps zugrunde gelegt worden ist.

Der volkswirtschaftliche Teil der Studie kommt zu dem Ergebnis, daß Rapsöl/RME gegenüber Dieselkraftstoff nicht wettbewerbsfähig ist. Dabei ist das Wettbewerbsdefizit struktureller Natur und wird dauerhaft erhalten bleiben. Selbst die Einführung einer CO_2-Emissionsabgabe im derzeit diskutierten Ausmaß würde daran wenig ändern. Dies macht auf lange Sicht die Fortführung der umfangreichen staatlichen Förderung zur Sicherung der Absatzfähigkeit der Rapsöltreibstoffe notwendig. Bei einer deutlichen Ausweitung des Anbaus von Non-food-Raps würde sich der Subventionsbedarf sogar noch drastisch erhöhen. Diese volkswirtschaftlichen Kosten sind jedoch nur dann gerechtfertigt, wenn ihnen auf der anderen Seite entsprechende Nutzen gegenüberstehen, etwa in Form von Arbeitsplätzen oder Umweltentlastung. Gemäß den Ergebnissen der volkswirtschaftlichen Analyse ist dies jedoch nicht der Fall.

Die immer wieder angeführte Argumentation, mit der Förderung von Rapsöltreibstoffen würden in der Landwirtschaft Arbeitsplätze geschaffen oder deren Abbau zumindest aufgehalten oder verlangsamt, trifft nicht zu. Durch den Anbau von Non-Food-Raps werden zu geringe zusätzliche Deckungsbeiträge erwirtschaftet, um die damit verbundenen Arbeitskosten langfristig zu decken. Insofern können durch die Nutzung von Rapsöl als Treibstoff in der Landwirtschaft weder zusätzliche Arbeitsplätze geschaffen noch bestehende Arbeitsplätze erhalten werden.

Auch für das Ziel der Einkommenssicherung im landwirtschaftlichen Bereich erweist sich die Förderung des Rapsanbaus zu Treibstoffzwecken als wenig geeignetes Instrument. Für einen durchschnittlichen Betrieb ist der Deckungsbeitrag der Flächenstillegung größer als der Deckungsbeitrag aus dem Anbau von Non-Food-Raps, so daß sich durch den Rapsanbau kein Einkommenszuwachs ergäbe. Der Vorteil des Non-Food-Rapses gegenüber der Flächenstillegung besteht allerdings darin, daß die Flächen weiterhin für die Aufnahme von Gülle zur Verfügung stehen und somit keine Einschränkungen der

Tierproduktion erforderlich sind. Lediglich solche Betriebe, die unter besonders günstigen Bedingungen Non-Food-Raps anbauen, können hieraus einen positiven Einkommenseffekt erzielen. Dieser ist aber verglichen mit dem dafür aufzubringenden Subventionsaufwand verhältnismäßig gering. So werden selbst unter günstigen Anbaubedingungen bei den Landwirten kaum mehr als 15 - 20 % des aufgebrachten Subventionsbetrages einkommenswirksam.

An der ökonomischen Betrachtung der Ökobilanz Rapsöl des Jahres 1993 wurde kritisiert, daß sie nicht die mit der Rapsölproduktion einhergehende Einsparung beim Import fossiler Energieträger berücksichtige. Die hiermit angesprochene Frage der Wirkung der Förderung von Rapsöl als Treibstoff auf den Außenbeitrag ist in der vorliegenden Studie in einem gesonderten Kapitel behandelt worden. Neben der Einsparung an fossilen Energieträgern führt die Rapsölproduktion gleichzeitig auch zur Reduzierung der Importe von Sojaschrot und Glycerin und beeinflußt somit den Außenbeitrag positiv. Berücksichtigt man aber, daß sich durch die Rapsölproduktion der Umfang der gesamten Importe in die Bundesrepublik Deutschland unter günstigsten Annahmen um weniger als 0,1 % verringert, so muß die Wirkung auf den Außenbeitrag als marginal angesehen werden. Demgegenüber ist infolge der Ausweitung des Rapsanbaus jedoch mit gravierenden Nachteilen für die internationalen Wirtschaftsbeziehungen zu rechnen. Auf der einen Seite würde die mit der Steigerung der Rapsölproduktion einhergehende Erhöhung der Rapsschrotmengen zur Überschreitung der zwischen den USA und Europa im sog. Blair-House-Abkommen vereinbarten Mengenbegrenzung von 1 Mio Tonnen Sojaschrotäquivalent für die aus Non-Food-Ölsaaten gewonnenen Ölschrote führen. Da den USA aus der Zunahme der europäischen Rapsschrotmenge eine zusätzliche Konkurrenz für ihr Exportprodukt Sojaschrot erwachsen würde, wären hier Handelskonflikte anzunehmen. Auf der anderen Seite würde subventioniertes Rapsöl Exportchancen der pflanzenölproduzierenden Drittländer auf dem Weltmarkt beschränken. Hier ist z. B. das Palmöl zu nennen (Haupterzeugerländer sind Malaysia und Indonesien). Es scheint kaum vertretbar, daß in der EU die Produktion von Pflanzenöl mit hohen Subventionen auf vergleichsweise weniger geeigneten Standorten gefördert wird und damit die ohnehin geringen Export- und Entwicklungschancen pflanzenölexportorientierter Entwicklungs- und Schwellenländer weiter verschlechtert werden.

Insgesamt wird durch die vorliegende Studie belegt, daß der Einsatz von Rapsöl/RME aus volkswirtschaftlicher Sicht nicht befürwortet werden kann.

In einem weiteren Schwerpunkt der Studie ist die Verwendung von Rapsöl als Treibstoff unter umwelt- und energiespezifischen Gesichtspunkten analysiert worden. Bei der Begründung für die Fortführung der Förderung von Kraftstoffen aus nachwachsenden

Rohstoffen werden immer wieder die mit ihrer Verwendung verbundenen ökologischen Vorteile angeführt. Die Vorteile werden insbesondere in der Schonung der erschöpfbaren Energiereserven und der damit verbundenen geringeren Abhängigkeit Deutschlands von Energieimporten sowie in der Reduzierung von CO_2-Emissionen gesehen. Für den letztgenannten Bereich ist im Rahmen dieser Studie ein Effizienzvergleich gegenüber alternativen Maßnahmen zur CO_2-Minderung durchgeführt worden.

Die Energiebilanz eines Energieträgers, in der alle Energieinputs und -outputs einander gegenübergestellt werden, weist im Falle des Einsatzes von Rapsöl als Treibstoff einen negativen Wert aus. Damit führt die Rapsölvariante nicht etwa zur Schonung, sondern im Gegenteil zur Verschwendung von nicht regenerierbaren Energieträgern. Die Subventionierung eines nicht wettbewerbsfähigen Energieträgers verdrängt alternative Verfahren mit höheren Energiegewinnungsmöglichkeiten und verringert so die potentiellen Energiemengen einer Volkswirtschaft. Der Einsatz von Rapsöl als Treibstoff ist insofern mit energiepolitischen Argumenten nicht begründbar.

Der wichtigste volkswirtschaftliche Nutzen des Einsatzes von Rapsöl/RME wird in der Möglichkeit zur Reduzierung der CO_2-Emissionen und dem damit verbundenen Beitrag zur Verringerung des Treibhauseffektes gesehen. Das durch die Verbrennung im Motor freigesetzte CO_2 ist der Atmosphäre zuvor durch die Rapspflanze entzogen worden, so daß es beim Einsatz von Rapsöl als Treibstoff zu keiner zusätzlichen CO_2-Anreicherung in der Atmosphäre kommt. Um den Einsatz von Rapsöl als Treibstoff in Hinblick auf seine Anwendbarkeit als CO_2-Minderungsstrategie unter volkswirtschaftlichen Gesichtspunkten bewerten zu können, ist im vorliegenden Gutachten eine gesamtwirtschaftliche Betrachtung vorgenommen worden, d. h. die Rapsölvariante wurde unter dem Gesichtspunkt der Kosteneffizienz mit sämtlichen alternativen CO_2-Minderungsoptionen verglichen. Diese Analyse geht insofern über die Ableitungen der Ökobilanz Rapsöl aus dem Jahre 1993 hinaus, in der die CO_2-Minderungskosten der Verwendung von Rapsöltreibstoffen lediglich mit den Minderungskosten alternativer Maßnahmen im Straßenverkehr verglichen wurden.

Wie aus der nachfolgenden Abbildung zu ersehen ist, schneiden beim Vergleich der CO_2-Minderungskosten nahezu alle Minderungsoptionen deutlich besser ab als die Verwendung von RME als Treibstoff.

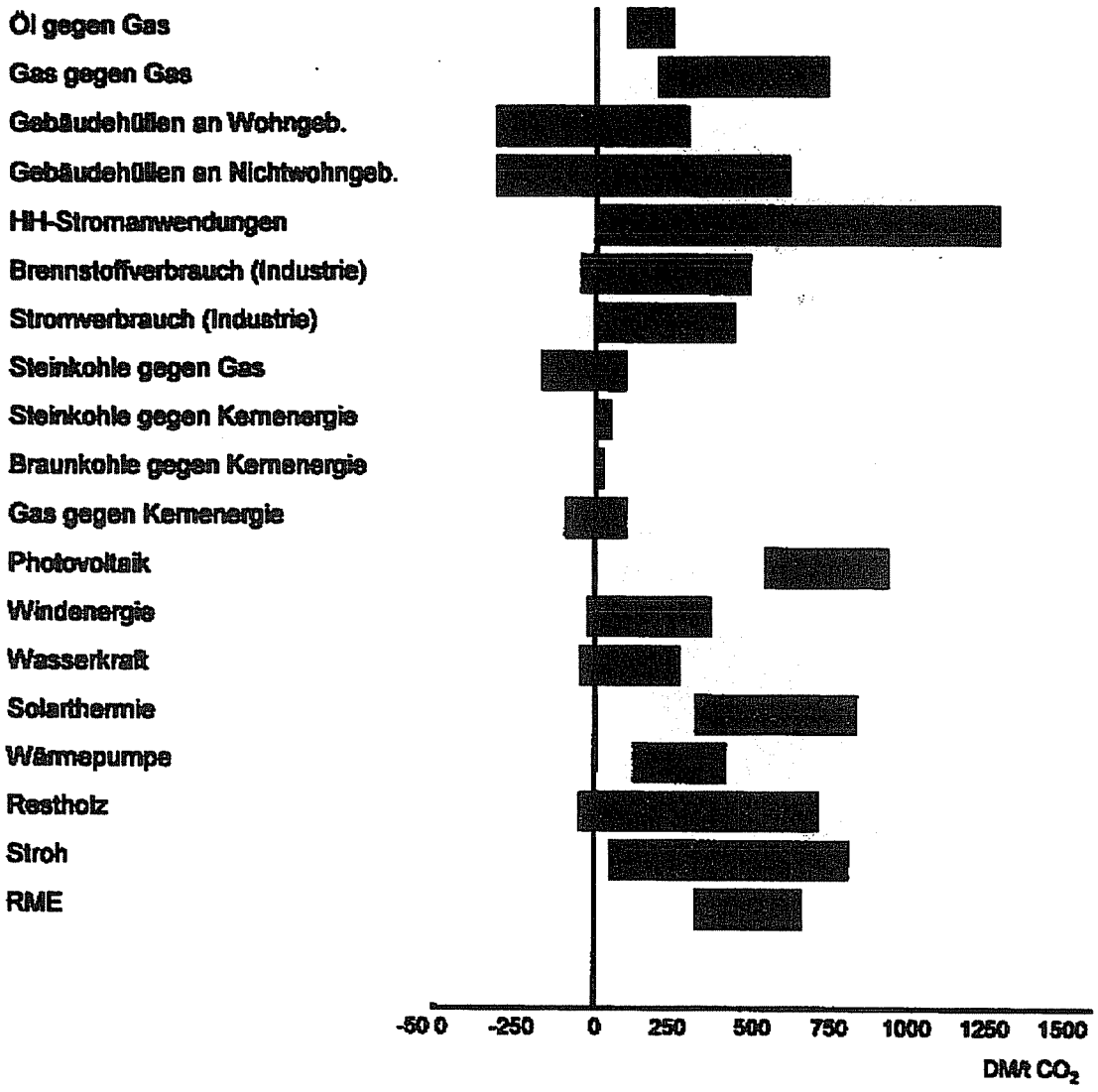


Abbildung 1: CO_2-Minderungskosten verschiedener Alternativen (siehe Seite 159, Anhang 2)

Die spezifischen CO_2-Emissionsminderungskosten bei Förderung der Verwendung von Rapsöl und RME als Kraftstoff werden je nach Rahmenbedingungen (Szenarien) auf ein Intervall zwischen etwa 280 und 600 DM pro Tonne gemindertes CO_2 (Untergrenze) geschätzt. Maßnahmen in anderen Sektoren (z.B. Gebäude-Isolation, verbesserte Heizungssysteme, Stromeinspartechniken, andere erneuerbare Energiequellen außer Photovoltaik und Solarthermie) und auch die Verwendung anderer nachwachsender Rohstoffe als Energieträger (Restholz, Stroh, etc.) schneiden günstiger ab. Für die Umstellung von Öl- auf Gasheizung werden +100 bis +250 DM pro Tonne gemindertes CO_2 angegeben, für erneuerbare Energiequellen wie Windenergie, Wasserkraft, Restholz und Stroh werden -50 bis +800 DM pro Tonne gemindertes CO_2 genannt. Als besonders interessant sind in diesem Zusammenhang solche Maßnahmen hervorzuheben, die negative Minderungskosten aufweisen. Diese Maßnahmen sind auch ohne Berücksichtigung der CO_2-Reduktion wirtschaftlich, da die Kostenersparnis infolge des geringen Energiebedarfs größer ist als der Aufwand für die Maßnahme. Beispielhaft wären hier Maßnahmen an der Gebäudehülle zu nennen, deren CO_2-Minderungskosten sich in einer Spanne zwischen -300 und +600 DM pro Tonne gemindertes CO_2 bewegen.

4.3 Zusammenfassung und Bewertung

Die Einbeziehung der umwelt- und energiepolitischen Aspekte in die volkswirtschaftliche Bewertung führt zu keiner Verbesserung der bereits oben getroffenen Einschätzung. Bei Würdigung aller Ergebnisse muß man daher zwangsläufig zu dem Urteil gelangen, daß die Förderung von Rapsöl und RME als Treibstoff auch aus volkswirtschaftlicher Sicht nicht befürwortet werden kann.

Unter dem Gesichtspunkt der CO_2-Reduktion handelt es sich bei der Rapsölvariante also um eine besonders unwirtschaftliche Maßnahme. Die Umweltpolitik muß daher an anderen, effizienteren Hebeln ansetzen.

Im Grundsatz kommt das aktuelle ökonomische Gutachten damit zu ähnlichen Ergebnissen wie die ökonomische Betrachtung im Rahmen der Ökobilanz Rapsöl aus dem Jahr 1993. Es muß aber festgehalten werden, daß sich die beiden Analysen in der zugrundeliegenden Datenbasis, der angewandten Methodik sowie auch im Umfang und Detaillierungsgrad der Untersuchung unterscheiden, so daß ein direkter Vergleich der beiden Analysen schwer möglich und wenig sinnvoll ist.

5 Gesamtbewertung durch das Umweltbundesamt

Die Studie des ifeu-Institutes liefert für die luftgetragenen Emissionen gegenüber den Ergebnissen der Ökobilanz Rapsöl von 1993 in vielen Fällen besser belastbare Ergebnisse.

Die für RME positive CO_2-Bilanz (Wirkungskategorie Treibhauseffekt) wird durch die gegenläufige N_2O-Bilanz nicht vollständig kompensiert, d. h. es verbleibt ein positiver Nettoklimaeffekt. In der Wirkungskategorie Ozonabbau fällt die Bilanz zu Ungunsten von RME/Rapsöl aus. Bei der Bewertung des Ozonbildungspotentials ergeben sich für beide Kraftstoffe sehr ähnliche Werte (1993 bestand hier noch ein sehr großer Vorteil für Dieselkraftstoff). Die Bewertung der Abgasemissionen ergibt 1993 -wie auch 1998- keine gravierenden Unterschiede für beide Kraftstoffe. Insgesamt gesehen, ergibt die Auswertung der Wirkungskategorien keinen eindeutigen Vorteil oder Nachteil für einen der beiden Kraftstoffe (siehe Tab. 2). Darin besteht eine Ähnlichkeit zum Ergebnis der Ökobilanz Rapsöl von 1993.

Anhand der vorgelegten Daten des ifeu-Gutachtens kann aus Sicht des Umweltbundesamtes der Einsatz von RME als Dieselkraftstoffersatz unter dem Gesichtspunkt des Umwelt- und Gesundheitsschutzes nicht begründet werden.

Aus volkswirtschaftlicher Sicht zeigt das Gutachten der Ruhr-Universität Bochum, daß die Förderung von Rapsöl unwirtschaftlich ist. Dies gilt um so mehr, als die biogenen Alternativkraftstoffe auch zukünftig bei für Deutschland gültigen Anbauverhältnissen ein nur geringes Marktpotential besitzen werden und zur Minderung des Treibhauseffektes (CO_2-Minderung) wesentlich kostengünstigere Alternativen vorhanden sind. Die Förderung des rapsölbasierten Kraftstoffes muß als besonders unwirtschaftliche Maßnahme des Klimaschutzes angesehen werden, die Umweltpolitik muß sich daher auf andere, effizientere Möglichkeiten konzentrieren.

Zusammenfassend stellen wir fest, daß beide Gutachten tendenziell die Aussagen unserer 1993 veröffentlichten „Ökobilanz Rapsöl" [1] stützen. Aus Sicht des Umweltschutzes und aus ökonomischen Gründen ist eine Förderung des Einsatzes von Rapsöl und RME im Kraftstoffbereich auch weiterhin nicht zu befürworteten.

6 Literaturangaben

[1] *Ökologische Bilanz von Rapsöl bzw. Rapsölmethylester als Ersatz von Dieselkraftstoff (Ökobilanz Rapsöl),* UBA-Texte 4/93

[2] *Ganzheitliche Bilanzierung von nachwachsenden Energieträgern unter verschiedenen ökologischen Aspekten*,1997

[3] KALTSCHMITT, Martin und Guido A. REINHARDT (Hrsg.): *Nachwachsende Energieträger - Grundlagen, Verfahren, ökologische Bilanzierung*, im Auftrag der Bundesstiftung Umwelt, Verlag Vieweg und Sohn, Braunschweig und Wiesbaden, 1997

[4] *Monitoring - nachwachsende Rohstoffe*, TAB Arbeitsbericht Nr. 53, Büro für Technikfolgenabschätzung beim Deutschen Bundestag, 1997

[5] Alpha Real AG und Carbotech AG*: Treibstoffe aus Biomasse*, im Auftrag des Bundesamtes für Energie, Basel, 1998

[6] *Methodik der produktbezogenen Ökobilanzen - Wirkungsbilanz und Bewertung*, UBA-Texte 23/95

Anhang 1

ifeu -
Institut für Energie-
und Umweltforschung
Heidelberg GmbH

Gutachten

Ressourcen- und Emissionsbilanzen: Rapsöl und RME im Vergleich zu Dieselkraftstoff

Autor:

Dr. Guido A. Reinhardt

Unter Mitarbeit von:

Dipl.-Phys. Jens Borken
Dr. Andreas Patyk
Dipl.-Ing. Regine Vogt
Geograf (M. A.) Guido Zemanek

Ressourcen- und Emissionsbilanzen: Rapsöl und RME im Vergleich zu Dieselkraftstoff

Kurzfassung

In dieser Studie wird eine Bilanz der ökologischen Vor- und Nachteile der beiden Biokraftstoffe Rapsöl und Rapsölmethylester (RME) gegenüber Dieselkraftstoff aufgestellt. Dazu werden frühere Arbeiten vollständig aktualisiert, der Bilanzierungsumfang auf alle heute quantifizierbaren Umweltwirkungskategorien erweitert und der Detaillierungsgrad vergrößert. Alle Größen werden über den vollständigen Lebensweg bilanziert. Die Ergebnisse werden mit Sensitivitätsanalysen Ergebnis bestimmender Parameter validiert. Des Weiteren wird der Einfluss unterschiedlicher Berechnungsverfahren für Kuppelprodukte ("Gutschrifts-" bzw. "Allokationsverfahren") untersucht.

Die Ergebnisse dieser Bilanz sind qualitativ hoch belastbar und hängen insbesondere nicht von dem gewählten Berechnungsverfahren ab; quantitativ unterliegen sie – natürlich – den gewählten Randbedingungen bzw. Systemgrenzen. Dabei ergeben sich für RME die größten Vorteile, wenn technisches Glyzerin substituiert wird. Insgesamt fallen die Ergebnisse

- bei einigen ökologischen Kenngrößen deutlich zu Gunsten von Rapsöl bzw. RME aus wie bei den Parametern "Einsparung erschöpflicher Energieträger", "Treibhauseffekt" oder "Schwefeldioxid aus humantoxischer Sicht in Ballungsgebieten",
- bei einigen ökologischen Kenngrößen deutlich zu Ungunsten von Rapsöl bzw. RME aus wie bei den Parametern "Versauerung", "Eutrophierung" oder "Distickstoffoxid (N_2O) als Indikator für den stratosphärischen Ozonabbau".
- Keine eindeutigen Ergebnisse erhält man z. B. für die Parameter "Fotosmog" oder "NO_X aus humantoxischer Sicht".

Abstract

This study highlights the ecological pros and cons of the two biofuels rape seed oil and rape seed methyl ester (RME) in comparison to diesel oil. It updates previous research, accounts for all presently quantifiable impact categories, and improves the degree of differentiation. All parameters are balanced over their complete life cycles. Important but less certain basis data are validated by sensitivity analyses. The influence of different calculation methods (credits or allocations) for by-products is assessed.

The qualitative results of the study are very reliable. In particular they do not depend on the calculation method. RME shows the best results when industrial glycerine is credited. The results of the study are

- unambiguously in favour of rape seed oil and RME for ecological criteria like "finite energy use", "emissions of greenhouse gases" and "human and ecotoxicity of sulfur dioxide in urban areas" and
- unambiguously in favour of diesel oil for ecological criteria like "acidification", "eutrophication" and "N_2O" as indicator for stratospheric ozone depletion.
- No distinct results are derived for ecological criteria like "photo smog" and "human and ecotoxicity of NO_X".

Ressourcen- und Emissionsbilanzen: Rapsöl und RME im Vergleich zu Dieselkraftstoff

I N H A L T

Teil 1 Vorgehensweise

1 Ziel der Untersuchung 1
2 Allgemeine Vorgehensweise 3
3 Lebenswegvergleiche: RME versus Dieselkraftstoff 5
4 Sensitivitätsanalysen 7
5 a Untersuchte Parameter 9
5 b Bilanzierungsmerkmale 11
6 Basisdaten – Quellen und Qualität 13
7 Unterschiede zur "Ökobilanz Rapsöl" 15

Teil 2 Ergebnisse

8 a Ressourcenverbrauch: Mineralische Ressourcen 17
8 b Ressourcenverbrauch: Erschöpfliche Energieträger 19
9 Treibhauseffekt: gesamt / Einzelbeiträge 21
10 Stratosphärischer Ozonabbau 25
11 Versauerungspotenzial: gesamt / NH_3 = 0 / Einzelbeiträge 27
12 Eutrophierung 33
13 Fotosmog 35
14 a Human- und Ökotoxizität: NO_X 37
14 b Human- und Ökotoxizität: SO_2 39
14 c Human- und Ökotoxizität: NH_3 41
14 d Human- und Ökotoxizität: Dieselpartikel 43
14 e Human- und Ökotoxizität: Staub, Aldehyde, Benzol, PAK 45
15 Zusammenstellung der Ergebnisse – Ausblick 47

– IFEU-Institut Heidelberg, April 1997; Aktualisierung, März 1999 –

Teil 3 Anhang

16 Ableitung von Basisdaten und Emissionsfaktoren

16 a Gutschriftsverfahren 50

16 b Allokationsverfahren: Basisdaten und Teilergebnisse 52

16 c Basisdaten für die Berechnung der NH_3-Emissionen 53

16 d Basisdaten für die Berechnung der N_2O-Emissionen 54

16 e Emissionen bei der Nutzung der Kraftstoffe 56

16 f Basisdaten für die Sensitivitätsanalysen 58

17 Tabellarische Ergebnisdokumentation

17 a Energie und global wirksame Emissionen 59

17 b Emissionen I 60

17 c Emissionen II 61

17 d Emissionen III 62

17 e Mineralische Ressourcen 63

17 f Sensitivitätsanalysen: Alle Parameter 64

17 g Umrechnungsfaktoren 64

18 Literatur 65

1 Ziel der Untersuchung

Im Jahr 1993 veröffentlichte das Umweltbundesamt die Studie "Ökologische Bilanz von Rapsöl bzw. Rapsölmethylester als Ersatz von Dieselkraftstoff (Ökobilanz Rapsöl)" /UBA 1993/. Für zwei der darin diskutierten ökologischen Parameter, für Energie und CO_2, erstellte das IFEU-Institut im Jahre 1991 entsprechende Bilanzen /IFEU 1991/. Der Publikation der "Ökobilanz Rapsöl" folgte eine überaus kontroverse Diskussion, die bis heute nicht abgeschlossen ist. Inzwischen wurden auch von anderen Institutionen ökologische Gutachten erstellt, deren Ergebnisse und – entsprechende – Schlussfolgerungen zum Teil von denen des Umweltbundesamtes abweichen. Gründe dafür sind u. a., dass die zu Grunde liegende Methodik weiterentwickelt wurde, der Bilanzierungsumfang – zumindest in einigen Teilbereichen – deutlich erweitert und für bestimmte, damals nur ansatzweise behandelte Teilbereiche mit großem Aufwand mittlerweile eine solide Datenbasis abgeleitet werden konnte.

Ziel dieser Untersuchung ist es, den aktuellen Kenntnisstand für die wichtigen ökologischen Parameter "Ressourcen" und "Emissionen" zusammenzufassen. Unter Emissionen sind hierbei luftgetragene Schadstoffe zu verstehen. Mit der Erfassung dieser Parameter werden praktisch alle derzeit über den gesamten Lebensweg quantifizierbaren Kenngrößen erfasst. Weiterhin soll mittels Sensitivitätsanalysen der Einfluss einzelner Faktoren auf das Gesamtergebnis dargestellt werden. Damit wird zum einen die Qualität der Ergebnisse – und damit ihre Aussagekraft – aufgezeigt. Zum anderen erhält man Hinweise auf ein möglicherweise vorhandenes Optimierungspotenzial. Des Weiteren sollen die Übereinstimmungen und die Unterschiede zu den Rahmenannahmen und Ergebnissen der "Ökobilanz Rapsöl" des Jahres 1993 aufgezeigt werden.

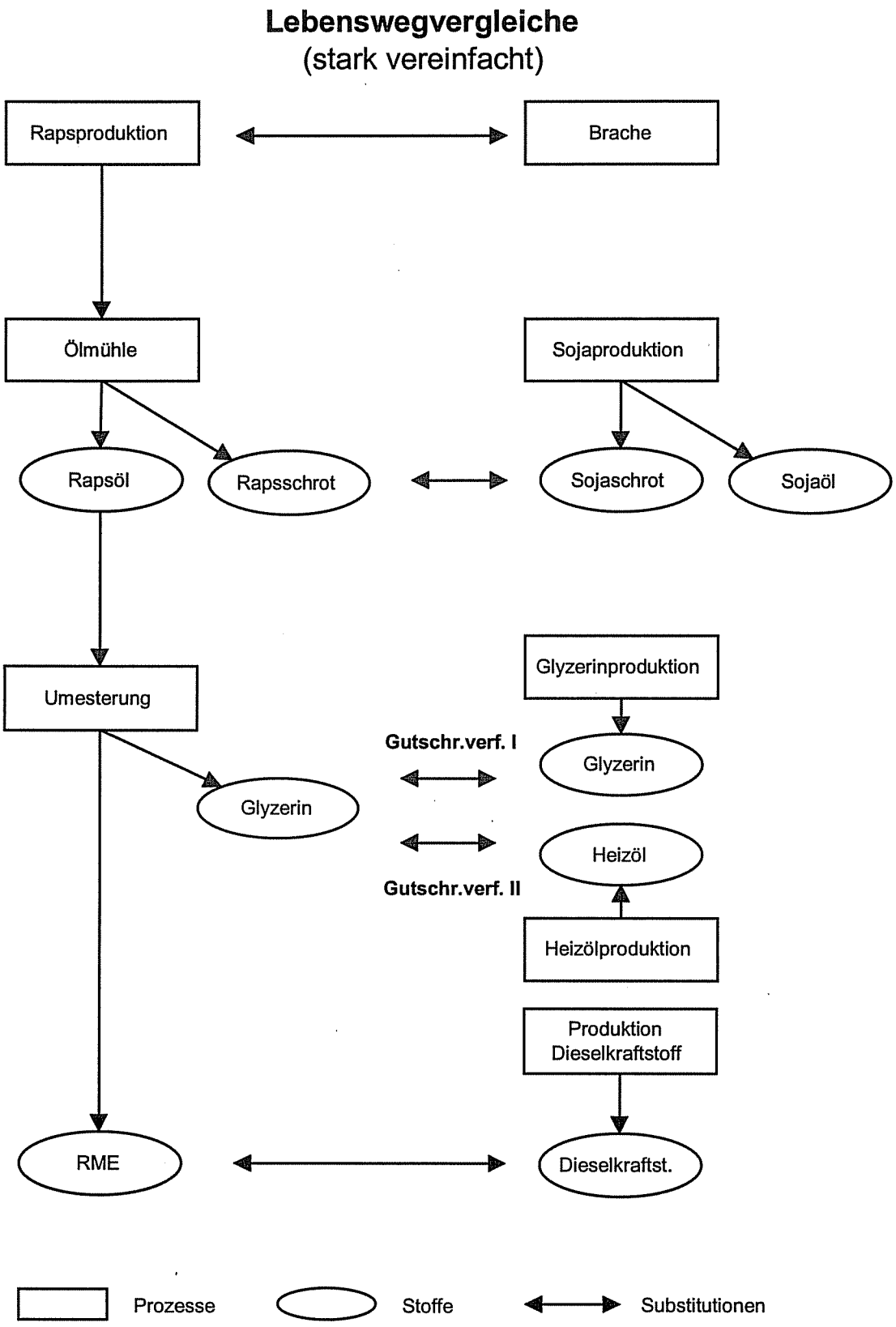
Die Ergebnisse stellen hierbei eine **rein zahlenmäßige Beschreibung** der Lebenswegvergleiche dar. Eine **Bewertung dieser Ergebnisse**, die sich an eine solche "Sachbilanz" anzuschließen hat, ist vereinbarungsgemäß **nicht Teil dieser Untersuchung.**

Aktualisierung 1999

Mittlerweile publizierte Ergebnisse zu Emissionsmessungen, von uns weitergeführte, differenziertere Lebenswegbeschreibungen und -berechnungen sowie Anpassungen an die Erfordernisse zu den internationalen Ökobilanzstandards veranlassten uns, unser Gutachten vom April 1997 in bestimmten Teilen zu aktualisieren und zu erweitern: Insbesondere wurden die Gutschriftsverfahren erweitert, zusätzliche Lebenswegabschnitte ergänzt sowie Daten zu Emissionen und der Jahresbezug aktualisiert. Die durchgeführten Arbeiten wurden durch den ifeu – Verein für Umweltfragen Heidelberg e.V. gefördert.

Insbesondere möchten wir darauf aufmerksam machen, dass die hier vorliegende Zusammenstellung weiterhin eine reine Dokumentation von Zahlenwerten – auf Sachbilanzebene – darstellt. **Auf diesen Zahlenwerten aufbauende Bewertungen**, wie wir sie erstmals in /REINHARDT 1998a/ bzw. /REINHARDT & ZEMANEK 1998/ und schließlich auf der Basis eines soliden methodischen Fundaments entsprechend der internationalen Ökobilanznorm durchgeführt und publiziert haben /REINHARDT & ZEMANEK 1999/, **sind somit weiterhin nicht Gegenstand dieses Gutachtens**. Solche liegen alleine in der Verantwortung des Bewertenden.

Chart 2


Lebenswegvergleiche
(stark vereinfacht)
Rapsproduktion
Brache
Ölmühle
Sojaproduktion
Rapsöl
Rapsschrot
Sojaschrot
Sojaöl
Umesterung
Glyzerinproduktion
Gutschr.verf. I
Glyzerin
Glyzerin
Heizöl
Gutschr.verf. II
Heizölproduktion
Produktion
Dieselkraftstoff
RME
Dieselkraftst.
Prozesse
Stoffe
Substitutionen

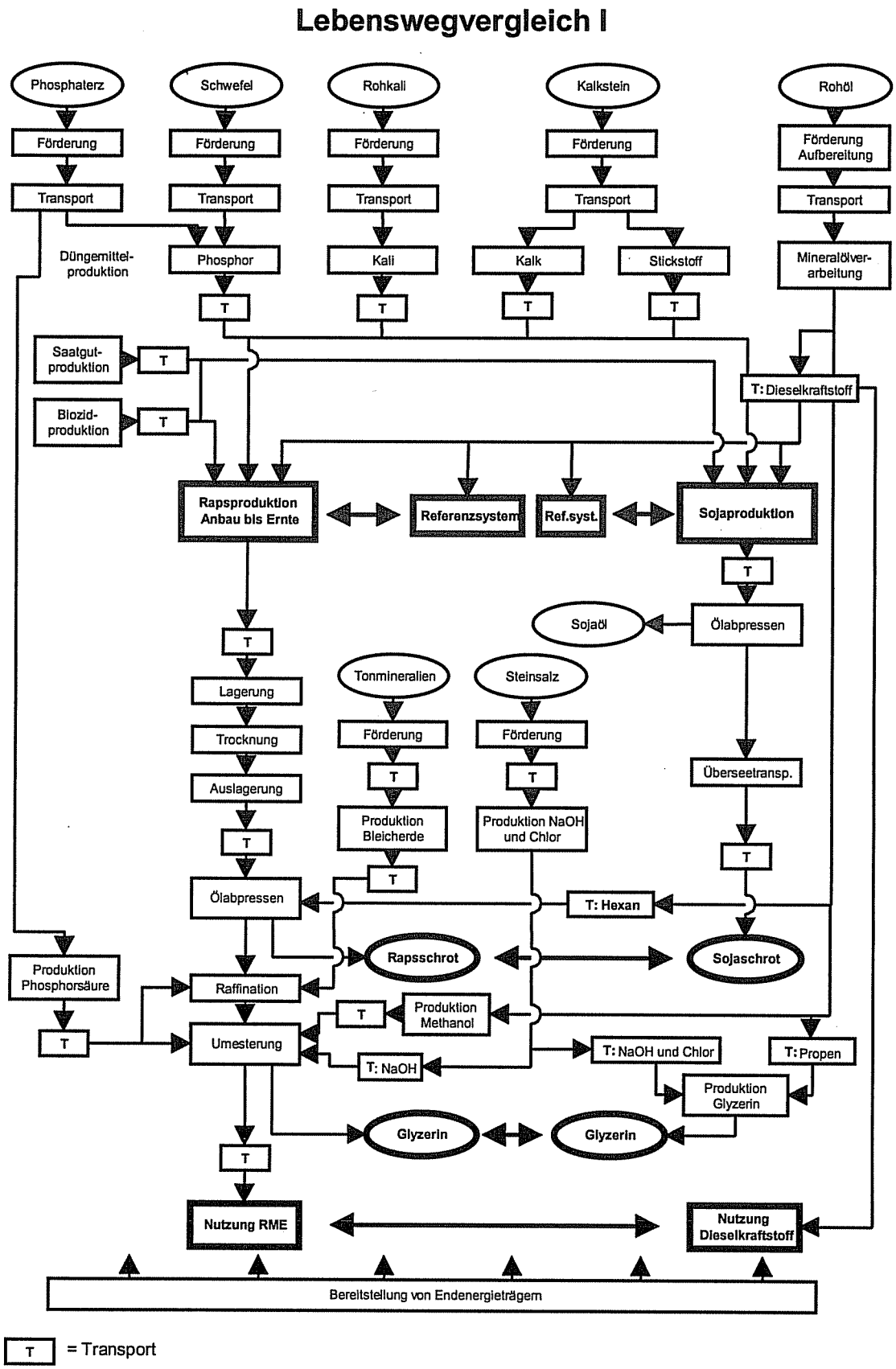
2 Allgemeine Vorgehensweise

Da die hier abzuleitenden Ressourcen- und Emissionsbilanzen als Teil einer "Ökobilanz Rapsöl/RME" nutzbar sein sollen, wird hier entsprechend der aktuellen Methodik zur Erstellung von Ökobilanzen verfahren. Das ist auch insofern sinnvoll, als die Ökobilanzierung bisher von allen ökologischen Bewertungsinstrumenten methodisch am weitesten entwickelt ist und die meisten Übereinkünfte zur Durchführung aufweist (/DIN EN ISO 14040 und 14041/). Damit verbunden ist jedoch ein etwas anderer Gesamtaufbau, insbesondere hinsichtlich der ökologischen Wirkungskategorien, als bei der "Ökobilanz Rapsöl" des Jahres 1993.

Im Folgenden werden einige wichtige Elemente der Vorgehensweise kurz erläutert:

- **Charakter der Studie:** In der Studie werden alle Bilanzen von Grund auf neu berechnet. Dadurch werden sowohl das aktuelle Zahlenmaterial berücksichtigt als auch die bisher noch nicht bilanzierten Teilaspekte erfasst (vgl. mit Abschnitt 7). Dabei wird bei den etablierten Bereichen auf Literaturdaten bzw. auf eigene Arbeiten zurückgegriffen.
- **Lebenswegvergleiche:** Es werden zwei Lebenswegvergleiche bilanziert, welche sich hinsichtlich des angewandten Gutschriftsverfahrens (I und II) unterscheiden (s. Abschnitt 3). Die Bilanzierung erfolgt jeweils für den kompletten Lebensweg von Rapsmethylester (RME), also einschließlich der Produktion aller Betriebsmittel wie Düngemittel und Biozide, der eigentlichen landwirtschaftlichen Produktion von Raps, dem Abpressen von Rapsöl und dessen Umesterung sowie der motorischen Nutzung des RME. Für die anfallenden Kuppelprodukte werden Gutschriften auf der Basis von Äquivalenzprozessen angerechnet (s. Chart 2).
- **Sensitivitätsanalysen:** Zu den Lebenswegvergleichen werden verschiedene Varianten gerechnet, bei denen die Auswirkungen unterschiedlicher methodischer Ansätze, von Unsicherheiten bei den Primärdaten oder von unterschiedlichen Rahmenannahmen auf das Gesamtergebnis diskutiert werden (s. Abschnitt 4 "Sensitivitätsanalysen"). Hierzu zählt auch die Bilanzierung von Rapsöl.
- **Bezüge**: Die Struktur und verwendeten Daten aller Lebenswegvergleiche entsprechen den heutigen realen Gegebenheiten bzw. basieren auf Annahmen mit größtmöglicher Realitätsnähe. Bezugsraum für den Anbau von Raps ist die Bundesrepublik Deutschland. Dieselkraftstoff und alle verwendeten Betriebsmittel (Düngemittel etc.) werden entsprechend ihrer realen Marktanteile der Verwendung in der Bundesrepublik erfasst. Bezugszeitraum ist Ende der 90er Jahre.
- **Parameter:** Als Bilanzierungsparameter werden die meisten der derzeit bei Ökobilanzen üblicherweise betrachteten ökologischen Wirkungskategorien erfasst (s. Abschnitt 5a "Untersuchte Parameter").
- **Ergebnisdarstellung**: Die Darstellung der Einzelergebnisse erfolgt pro "kg" für Dieselkraftstoff und pro "kg DKÄ" für RME bzw. Rapsöl. Dabei steht DKÄ für Dieselkraftstoffäquivalent, d. h. 1 kg DKÄ entspricht 1 kg substituiertem (bzw. substituierbarem) Dieselkraftstoff (zur weiteren Definition und Nutzenäquivalenz s. /REINHARDT 1993/ bzw. /KALTSCHMITT & REINHARDT 1997/). Umrechnungsfaktoren für andere Bezugsgrößen sind in Anhang 17g angegeben. Des Weiteren werden die Ergebnisse differenziert nach sogenannten Ortsklassen diskutiert (s. Abschnitt 5b "Bilanzierungsmerkmale").

Chart 3


Lebenswegvergleich I
Phosphaterz
Schwefel
Rohkali
Kalkstein
Rohöl
Förderung
Förderung Aufbereitung
Transport
Düngemittel-produktion
Phosphor
Kali
Kalk
Stickstoff
Mineralölver-arbeitung
T
Saatgut-produktion
Biozid-produktion
T: Dieselkraftstoff
Rapsproduktion Anbau bis Ernte
Referenzsystem
Ref.syst.
Sojaproduktion
Sojaöl
Ölabpressen
Tonmineralien
Steinsalz
Lagerung
Trocknung
Auslagerung
Produktion Bleicherde
Produktion NaOH und Chlor
Überseetransp.
T: Hexan
Rapsschrot
Sojaschrot
Produktion Phosphorsäure
Raffination
Produktion Methanol
Umesterung
T: NaOH
T: NaOH und Chlor
T: Propen
Produktion Glyzerin
Glyzerin
Nutzung RME
Nutzung Dieselkraftstoff
Bereitstellung von Endenergieträgern
T = Transport

3 Lebenswegvergleiche: Rapsmethylester (RME) versus Dieselkraftstoff (DK)

Bei den Lebenswegvergleichen "RME versus Dieselkraftstoff" wird das Verfahren der Äquivalenzprozessbilanzierung nach dem realen Substitutionsprinzip (vgl. /REINHARDT 1993/) angewandt. D. h., zunächst werden alle Aufwendungen, hier also Ressourceneinsatz und Emissionen, für den gesamten Lebensweg von RME erfasst. Dann werden alle Aufwendungen für Äquivalenzprodukte, die durch Kuppelprodukte aus der RME-Produktion substituiert werden können, bilanziert und dem RME-Lebensweg gutgeschrieben. Eine weitere Gutschrift resultiert aus der Betrachtung des Referenzsystems ("Nichtanbau" von Raps). Schließlich werden die Aufwendungen für Dieselkraftstoff, der durch RME substituiert wird, dem RME-Lebensweg gegengerechnet.

Rapsmethylester

Der Anbau von Raps wird über die gesamte Fruchtfolge im Vergleich zu einer Fruchtfolge ohne Raps – jedoch mit Brache – bilanziert. Die Weiterverarbeitung erfolgt zentral durch Ölabpressen, Raffination und Umesterung. Die Nutzung erfolgt in Kraftfahrzeugen modernster Bauart (s. Abschnitt 16e). Der Bilanzierungsumfang wird in Chart 3 am Beispiel des Lebenswegvergleichs I (s. u.) dargestellt. Betrachtet werden alle ausgewiesenen Betriebsmittel und Hilfsstoffe sowie der gesamte Transportaufwand und die Energiebereitstellung (im Chart nur auszugsweise dargestellt; für Details s. /KALTSCHMITT & REINHARDT 1997/ und /BORKEN ET AL. 1999/).

Gutschriften

- *Brache*: Bilanziert wird gegen eine (aktiv begrünte) Brache. Diese Vorgehensweise, also nicht nur die grundsätzliche Einbeziehung eines sogenannten Referenzsystems, sondern auch die hier explizit getroffene Wahl, ist mittlerweile nicht nur in Deutschland (s. z. B. /REINHARDT 1993/, /SCHARMER ET AL. 1996/, /KALTSCHMITT & REINHARDT 1997/), sondern international akzeptiert und verbreitet (siehe z. B. /CLM 1996/, /VITO 1996/, /FAT 1997/). Näheres siehe /REINHARDT 1998b/.
- *Glyzerin*: Das Kuppelprodukt Glyzerin kann auf unterschiedliche Art und Weise genutzt werden. In dieser Studie werden zwei Lebenswegvergleiche betrachtet, die sich in den angewandten Gutschriftsverfahren unterscheiden (s. Abschnitt 16a):

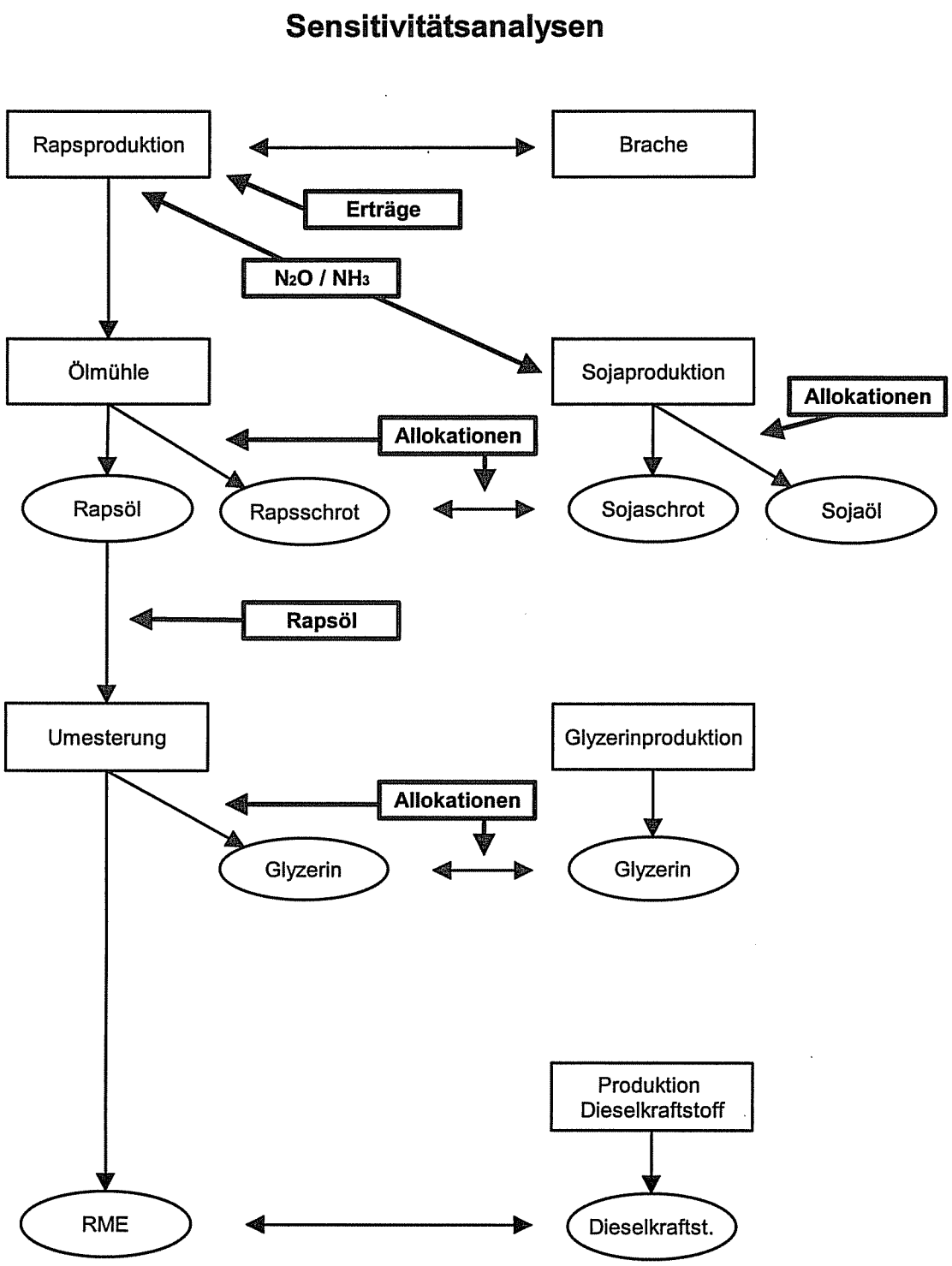
  Lebenswegvergleich I: Gutgeschrieben werden die Aufwendungen für technisch produziertes Glyzerin (**Gutschriftsverfahren I = "Glyzerin synthetisch"**).

  Lebenswegvergleich II: Gutgeschrieben werden die Aufwendungen für Produktion und Verbrennung von leichtem Heizöl (**Gutschriftsverfahren II = "Glyzerin thermisch"**). Dies kann größenordnungsmäßig als Minimalgutschrift angesehen werden.
- *Rapsextraktionsschrot*: Gutgeschrieben werden die Aufwendungen für das ebenfalls in der Tiermast eingesetzte Sojaextraktionsschrot aus Übersee auf der Basis von Proteinäquivalenten. (Zur Allokation von Sojaöl und -schrot siehe Anhang 16b.)

Dieselkraftstoff

Betrachtet werden Förderung, Aufbereitung und Transport von Rohöl nach Europa, die raffinerietechnische Verarbeitung des Rohöls u. a. zu Dieselkraftstoff (Schwefelgehalt < 500 ppm) und dessen Transport zur Tankstelle (im Chart nur ansatzweise wiedergegeben). Eingesetzt wird er in modernen Kraftfahrzeugen (s. Abschnitt 16e).

Chart 4


Sensitivitätsanalysen
Rapsproduktion
Brache
Erträge
N2O / NH3
Ölmühle
Sojaproduktion
Allokationen
Allokationen
Rapsöl
Rapsschrot
Sojaschrot
Sojaöl
Rapsöl
Umesterung
Glyzerinproduktion
Allokationen
Glyzerin
Glyzerin
Produktion Dieselkraftstoff
RME
Dieselkraftst.

4 Sensitivitätsanalysen

Um den Einfluss unterschiedlicher Annahmen oder auch unterschiedlicher Qualität von Basisdaten auf die Ergebnisse festzustellen, wurde eine Reihe an Sensitivitätsanalysen durchgeführt. Bei vielen zeigten sich praktisch keine signifikanten Einflüsse auf die Ergebnisse. Bei einigen jedoch traten zum Teil sogar Ergebnis bestimmende Effekte auf (Vorzeichenumkehr). Im Folgenden werden nur die wichtigsten der untersuchten Sensitivitätsanalysen dargestellt.

Bei den Sensitivitätsanalysen handelt es sich insbesondere um die Bestimmung der Auswirkungen durch

- unterschiedliche methodische Ansätze (diverse Allokationen, untereinander oder in Kombination mit Gutschriftsverfahren)
- Modifikationen des Lebenswegs (Rapsöl)
- Modifikationen von Rahmenannahmen (Ernteertrag)
- unsichere Datenlage (N_2O und NH_3)

- **Lebenswegvergleiche:** Ausgangspunkt der Sensitivitätsanalysen sind die Lebenswegvergleiche entsprechend Abschnitt 3. Im Ergebnisteil werden die Resultate am Beispiel des Lebenswegvergleichs I dokumentiert.

Grundsätzlich stellen alle Sensitivitätsanalysen Variationen des Lebenswegvergleichs I dar.

- **Allokation min./max.:** Anstelle von Gutschriften für die beiden Kuppelprodukte Rapsextraktionsschrot und Glyzerin werden verschiedene Aufteilungsverfahren (Allokationen) für Rapsöl und Rapsschrot bzw. RME und Glyzerin angewandt. Das Minimum erhält man bei einer Aufteilung der Aufwendungen für Öl/Schrot nach Masse und von RME/Glyzerin nach Preis. Das Maximum liefert eine Allokation nach Preis und Heizwert. Die Ableitung der entsprechenden Zahlenwerte findet sich im Anhang 16b.
- **N_2O min./max./extrem:** Bei diesen Variationen der N_2O-Emissionen werden Extremabschätzungen nach unten (z. B. düngemittelinduzierte Emissionen gleich Null) bzw. nach oben zur Abschätzung der insgesamt möglichen Bandbreite berücksichtigt. Die genauen Bilanzierungsmerkmale sowie die Ableitung der zu Grunde gelegten Emissionsfaktoren sind im Anhang 16d dokumentiert.
- **Ertrag niedrig/hoch:** Bei dieser Sensitivitätsanalyse wird der Einfluss unterschiedlicher Erträge von Raps (bei in etwa ähnlichem Maschineneinsatz in der Landwirtschaft, aber entsprechend unterschiedlichem Betriebsmitteleinsatz – insbesondere Düngemittel) auf das Gesamtergebnis ermittelt (Bezug: Gutschriftsverfahren I = Glyzerin synthetisch, s. Abschnitt 3).
- **Rapsöl:** Bei dieser Variante wird die Nutzung von reinem Rapsöl in Traktoren untersucht. Diese Nutzungsart scheint derzeit – wenn überhaupt – die wahrscheinlichste (s. /KRAHL 1998/, /BORKEN ET AL. 1999/). Das Rapsöl wird hierfür, anders als bei der Weiterverarbeitung zu RME, dezentral abgepresst und teilraffiniert (Detailbeschreibung s. /BORKEN ET AL. 1999/).

UBA '93: Für Energie, CO_2-Äquivalente und N_2O werden die Ergebnisse des Lebenswegvergleichs I (s. Abschnitt 2) den entsprechenden der "Ökobilanz Rapsöl" des Umweltbundesamtes aus dem Jahr 1993 gegenübergestellt.

Chart 5 a

Auswahl der Bilanzierungsparameter

	Wirkungskategorie	Bilanzierungsgröße in dieser Studie
(X)	Ressourcenverbrauch	
X	– mineralischer	verschiedene Rohstoffe
X	– energetischer	Summe erschöpflicher Energieträger
X	Treibhauseffekt	CO_2-Äquivalente
X	Stratosph. Ozonabnahme	Distickstoffoxid (N_2O)
X	Versauerung	SO_2-Äquivalente
(X)	Eutrophierung	Gesamtstickstoff
X	Fotosmog	Ozonvorläufersubstanzen
(X)	Human- und Ökotoxizität	verschiedene Einzelsubstanzen
–	Naturrauminanspruchnahme	
–	Lärm	

X vollständige Betrachtung in dieser Studie
(X) teilweise Betrachtung
– nicht bilanziert

IFEU 1997/1999

5 a Untersuchte Parameter

Ökobilanzen erfassen verschiedene ökologische Wirkungskategorien. Chart 5a zeigt die aktuelle Liste des Normenausschusses "Grundlagen des Umweltschutzes" des Deutschen Instituts für Normung (DIN-NAGUS) auf. Diese entspricht in etwa auch dem aktuellen Stand der ISO. Nicht aufgeführt sind weitere Kategorien, die derzeit noch diskutiert werden, abschließend aber noch nicht in diese Liste aufgenommen wurden wie beispielsweise die vom Umweltbundesamt vorgeschlagene Einbeziehung von Unfällen und Risiken.

Im Rahmen dieser Untersuchung werden – angelehnt an das "Ziel der Untersuchung" – die meisten dieser Kategorien bilanziert. Einschränkungen ergeben sich bei folgenden Kategorien:

- **Ressourcenverbrauch:** Neben dem energetischen Ressourcenverbrauch werden in dieser Studie – erstmalig für Raps – auch die mineralischen Ressourcen, eine in Ökobilanzen mittlerweile gängige Kategorie, aufgenommen. Andere diesbezügliche Größen wie Wasserverbrauch oder Bodenbelegung werden hier verabredungsgemäß nicht betrachtet, zumal z. B. für die Bodenbelegung bisher noch keine entsprechend etablierte Methodik existiert.
- **Eutrophierung:** Der Nährstoffeintrag in Gewässer und Böden über den Eintragspfad "Luft" wird hier durch die Bilanzierung der stickstoffhaltigen Nährstoffkomponenten Stickstoffoxide (NO_X) und Ammoniak (NH_3) praktisch vollständig erfasst. Die zusätzliche Bilanzierung wassergebundener Nährstoffe wie Phosphate oder entsprechende Stickstoffverbindungen ist hier nicht Untersuchungsgegenstand.
- **Human- und Ökotoxizität:** Prinzipiell kommen für diese Wirkungskategorie Hunderte von Einzelsubstanzen mit entsprechenden ökologischen Wirkungen infrage. Eine Beschränkung, d. h. Auswahl, ist damit unvermeidlich. Wir wählen aus der Vielzahl der Einzelkomponenten folgende, in der umweltpolitischen Diskussion äußerst bedeutsame, luftgetragene Schadstoffe:
  - Stickoxide (NO_X)
  - Schwefeldioxid (SO_2)
  - Ammoniak (NH_3)
  - Dieselpartikel (DP)
  - Staub
  - Formaldehyd
  - Benzol
  - Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffverbindungen (PAK)

  Die beiden in Ökobilanzen standardmäßig erhobenen Parameter CO und NMHC werden hier nicht explizit diskutiert, da CO praktisch keine humantoxische Relevanz mehr aufweist und bei den NMHC ohne näherer Kenntnis der Einzelkomponenten ebenfalls keine humantoxischen Eigenschaften abgeleitet werden können. Während die NMHC unter "Fotosmog" dokumentiert sind, finden sich die Einzeldaten zu CO in /BORKEN ET AL. 1999/.
- **Lärm** und **Naturrauminanspruchnahme:** Für beide Wirkungskategorien gibt es bisher noch kein allgemein anerkanntes Bilanzierungsverfahren. Darüber hinaus sind sie verabredungsgemäß nicht Untersuchungsgegenstand.

Chart 5 b

Bilanzierung nach Ortsklassen		
Wirkungskategorie	**Wirkungsbereich**	
Treibhauseffekt	global	
Ozonabnahme	global	
	Ortsklasse I	Ortsklasse I u. II
Versauerung	–	100 % (EOK I + II) + 25 % EOK III
Eutrophierung	–	100 % (EOK I + II) + 25 % EOK III
Fotosmog	–	100 % (EOK I + II) + 25 % EOK III
Human- und Ökotox.		
– NO_X	100 % EOK I	100 % (EOK I + II) + 25 % EOK III
– SO_2	100 % EOK I	100 % (EOK I + II) + 25 % EOK III
– NH_3	100 % EOK I	100 % (EOK I + II) + 25 % EOK III
– Dieselpartikel (DP)	100 % EOK I	100 % (EOK I + II)
– Staub	100 % EOK I	100 % (EOK I + II)
– Formaldehyd	100 % EOK I	100 % (EOK I + II) + 25 % EOK III
– PAK	100 % EOK I	100 % (EOK I + II)

Lesebeispiel: Für die Wirkungskategorie Fotosmog und die Ortsklasse I und II werden 100 % der jeweiligen Emissionen an NO_X und HC (s. Chart 5a) der Emissionsortsklasse (EOK) I und II sowie 25 % der Emissionen aus der Emissionsortsklasse III addiert

IFEU 1997/1999

5 b Bilanzierungsmerkmale

Hinsichtlich der Bilanzierungsmerkmale wird auf die Methodenteile der beiden Publikationen /PATYK & REINHARDT 1997/ sowie /BORKEN ET AL. 1999/ verwiesen. Hier wird lediglich auf einen für die Ergebnisinterpretation äußerst wichtigen Sachverhalt eingegangen: die Bilanzierung nach Ortsklassen (Detailbeschreibung s. /BORKEN ET AL. 1999/).

Ortsklassen

In dieser Studie werden die Emissionen verschiedener Luftschadstoffe über die gesamten Lebenswege hinweg bilanziert, wobei diesen aber je nach Emissionsort unterschiedliche Wirkungen zukommen. Beispielsweise haben Dieselpartikel-Emissionen von Hochseeschiffen (etwa beim Transport von Rohöl oder Rohphosphat) praktisch keine direkten Wirkungen auf den Menschen im Vergleich zu solchen, die von Pkw in Innenstädten freigesetzt werden. D. h., es ist nicht grundsätzlich statthaft, die Emissionen jeweils über die gesamten Lebenswege hinweg undifferenziert aufzusummieren; sie müssen vielmehr hinsichtlich ihrer potenziellen Wirkungen klassiert werden.

Für eine gebührende Beachtung dieses Sachverhalts bietet sich eine Vorgehensweise an, die mittlerweile schon mehrfach angewandt wurde (z. B. /IFEU 1996/, /KALTSCHMITT & REINHARDT 1997/, /PATYK & REINHARDT 1997/). Hierbei werden zunächst die Emissionen entsprechend ihrer Emissionsorte in eine von drei Emissionsortsklassen zugeordnet:

- Emissionsortsklasse I: Ballungsraum
- Emissionsortsklasse II: wenig besiedelter Raum
- Emissionsortsklasse III: unbesiedelter Raum

Es ist nun offensichtlich, dass die Emissionen aufgrund von Transmissionsprozessen nicht immer dort ihre Wirkung entfalten, wo sie freigesetzt werden. Hinzu kommt zum einen, dass sie in unterschiedlichem Maße transmittiert werden (je nach Masse, Windverhältnissen etc.), und zum zweiten, dass sie unterschiedliche mittlere atmosphärische Verweildauern besitzen. D. h., es ist für jede Substanz einzeln zu bestimmen, inwieweit sie noch innerhalb ihrer Emissionsortsklasse ökologisch einwirkt oder woanders.

Eine entsprechende Zuordnung wurde unter den wirkungsspezifischen Gesichtspunkten "human- und ökotoxisch" sowie "Sachgüter schädigend" und bezogen auf terrestrische und limnische Gebiete für die beiden folgenden Ortsklassen vorgenommen:

- Ortsklasse I: Ballungsraum
- Ortsklasse II: wenig besiedelter Raum

In einer weiteren Kategorie werden – insbesondere aufgrund ihrer hohen mittleren atmosphärischen Verweildauer – global wirksame Substanzen erfasst.

Wie im Rahmen dieser Studie im Einzelnen vorgegangen wurde, welche Zuordnungsverfahren zur Anwendung kamen und welche Einzelsubstanzen unter welchen Wirkungsgesichtspunkten erfasst wurden, geht aus Chart 5b hervor.

Chart 6

Ausgewählte Basisdaten für die Lebenswegvergleiche

Lebenswegabschnitt	Basisdaten / Bemerkungen
Landwirtschaft (pro ha)	
Eggen und Pflügen	Schlepper C: 78 min Laststufe A, 17 min Rest
Aussaat	Schlepper C: 18 min Laststufe B, 5 min Rest; 3 kg Saatgut (Aufwendungen: diese Studie)
Düngung	Schlepper B: 10 min Laststufe B, 3 min Rest; 145,6 kg N, 54 kg P_2O_5, 30 kg K_2O, 19 kg CaO
Pflanzenschutz	Schlepper B: 12 min Laststufe B, 5 min Rest; 1,23 kg PSM
Ernte	Schlepper C: 24 min Laststufe A, 6 min Rest; Schlepper B: 27 min Laststufe B, 5 min Rest; 3 t Korn, 15 % Feuchte
Emissionsfaktoren Feld	N_2O: 0,0125 kg N_2O-N/kg N-Dünger, NH_3: 5.834 g (diese Studie)
Konversion	
Lagerung und Trocknung (pro t Korn)	12,6 kWh Strom; 0,12 l Heizöl und 0,1 kWh Strom pro kg Wasserentzug, 9 % Trockenfeuchte
Anlieferung	240 km, 70 % Binnenschiff, 15 % Bahn, 15 % Lkw E, 1 % Verluste
Pressen und Extraktion (pro t Korn)	405 kg Rohöl, 34 kWh Strom, 580 MJ Dampf, 1 kg Hexan, Proteingehalt Rapsschrot 35 % vom Frischgewicht /REINHARDT 1993/
Raffination (pro t Rohöl)	960 kg raff. Öl, 6 kWh Strom, 296 MJ Dampf, 6 kg Bleicherde
Umesterung (pro t RME)	990 kg RME und 116 kg Glyzerin pro t raff. Öl, 46 kWh Strom, 1.360 MJ Dampf, 109 kg Methanol sowie (incl. Raffination) 6 kg Natronlauge und 1 kg Phosphorsäure
Gutschriften	
Referenzlandbau (pro ha)	15 kg Saatgut (Aufwendungen: diese Studie), Schlepper C: 22 min Laststufe A, 21 min Laststufe B, 20 min Laststufe C, 9 min Rest
Sojaschrot (pro ha)	60 kg Saatgut, Dünger: 5 kg N, 10 kg P_2O_5, 20 kg K_2O, 1,25 kg PSM, N_2O: 0,0125 kg N_2O-N / kg Dünger-N, 200 g NH_3, Ertrag 2,5 t Bohnen, 2.100 MJ Dieselkraftstoff
(pro t Bohnen)	812 kg Sojaschrot, 60 kWh Strom, 1.000 MJ Dampf, 0,7 kg Hexan (nach /AHMED ET AL. 1994/ und /SCHARMER ET AL. 1996/), alloziert nach Preis; 10.000 km Seeschiff /REINHARDT 1993/, 500 km Binnenschiff (diese Studie); Proteingehalt 42 % vom Frischgewicht /REINHARDT 1993/
Leichtes Heizöl	nach /BORKEN ET AL. 1999/
Glyzerin (pro kg)	2 kg Chlor, 1,4 kg Natronlauge, 0,8 kg Propylen, 0,9 kWh Strom, 30 kg Dampf (diese Studie)
Dieselkraftstoff	nach /BORKEN ET AL. 1999/

6 Basisdaten – Quellen und Qualität

Eine Auswahl wichtiger Basisdaten und Quellen zu den Lebenswegvergleichen "RME versus Dieselkraftstoff" ist in Chart 6 zusammengestellt. Die entsprechenden Angaben für die Sensitivitätsanalysen finden sich im Anhang 16f.

Hinweise:

- Basisdaten ohne Quellenhinweis entstammen /BORKEN ET AL. 1999/.
- Dargestellt sind nur die wichtigsten Basisdaten. Weitere Basisdaten finden sich insbesondere in /BORKEN ET AL. 1999/.
- Das Bezugsjahr ist 1996 bzw. Ende der 90er Jahre.
- Umrechnungsfaktoren für andere Bezugsgrößen finden sich in Anhang 17g.

Die Basisdaten für viele Grundprozesse basieren hauptsächlich auf folgenden Literaturdaten: Wesentliche Quellen für die eigentlichen Produktionsprozesse sind /BUWAL 1996/, /ECOINVENT 1994/ und /GEMIS 1995/. Aus /BUWAL 1996/ stammen die wichtigsten Daten zum Rohstoff- und Energieeinsatz der Produktionsprozesse; die Daten sind hoch belastbar. Aus /ECOINVENT 1994/ wurden Daten für einige Zwischenprodukte entnommen. Die aus der Nutzung fossiler Energieträger stammenden Emissionen der Produktionsprozesse werden anhand der Emissionsfaktoren aus /GEMIS 1995/ berechnet. Mit der grundsätzlichen Einschränkung, dass Emissionsfaktoren in der Regel unsicherer sind als Daten zum Energieeinsatz (Ausnahme: z. B. die aus dem Brennstoffinventar berechneten Emissionen wie CO_2 oder SO_2), können auch diese Daten als gut bis sehr gut belastbar betrachtet werden. Unterschiede bestehen dabei zwischen den Emissionsfaktoren der Standard-Schadstoffe wie etwa NO_X und Stoffen wie z. B. N_2O, für die nur vergleichsweise wenige Daten vorliegen. Höhere Unsicherheiten weisen meist auch die prozessspezifischen Emissionen auf.

Basisdaten 2

– Ressourcenaufwand und Emissionen –

Prozesse	**Quelle**
Maschinelle Feldarbeit	/BORKEN ET AL. 1999/
Transporte	/BORKEN ET AL. 1999/
Energiebereitstellung	/BORKEN ET AL. 1999/
Stoffe	**Quelle**
N-Dünger	/PATYK & REINHARDT 1997/
P_2O_5	/PATYK & REINHARDT 1997/
K_2O	/PATYK & REINHARDT 1997/
CaO	/PATYK & REINHARDT 1997/
Hexan	/KALTSCHMITT & REINHARDT 1997/
Bleicherde	eigene Abschätzungen
Phosphorsäure	/PATYK & REINHARDT 1997/
Methanol	/KALTSCHMITT & REINHARDT 1997/
Natronlauge	/ECOINVENT 1996/ u. eigene Abschätzungen
Propylen	/BUWAL 1996/ u. eigene Abschätzungen
Chlor	/ECOINVENT 1996/ u. eigene Abschätzungen

Chart 7

Unterschiede zur Ökobilanz Rapsöl (1993)

Im Rahmen dieser Untersuchung erstmalig bilanziert

- Bilanzierung aller mineralischen Ressourcen über die gesamten Lebenswege
- Emissionsbilanzen für die Produktion von Glyzerin
- Emissionsbilanzen für die Produktion von Sojaextraktionsschrot
- Berechnung aller Kombinationsmöglichkeiten von Gutschrifts- und Allokationsverfahren bei der Berücksichtigung der Kuppelprodukte
- Auswirkungen aller derzeit bekannten Einflüsse auf die Freisetzung von N_2O sowie NH_3 auf die Ergebnisse der gesamten Lebenswege

Weitere Unterschiede

- Bilanzierung aller betrachteten luftgetragenen Schadstoffe über die gesamten Lebenswege
- Differenzierung der Emissionen nach wirkungsspezifischen Gesichtspunkten (Ortsklassen)
- Bilanzierung von Raps über die gesamte Fruchtfolge
- Differenzierte Bilanzierung der Feldarbeit nach einzelnen Feldarbeitsschritten und Maschinen
- Differenzierte Bilanzierung für die Aufwendungen für die Brache
- Vollständige Anpassung der Düngemittelbilanzen auf deutsche Verhältnisse
- Vollständige implizite Berechnung der Saatgutbereitstellung
- Durchführung diverser Sensitivitätsanalysen
- Aktualisierung der gesamten Basisdaten (Transportprozesse, Energiebereitstellung, Betriebs- und Hilfsmittelproduktion, Prozessenergiebedarfe etc.)

Einschränkungen

- Vereinbarungsgemäß keine Rapsstrohbetrachtung (da eine energetische Rapsstrohverwertung derzeit in Deutschland als eher unwahrscheinlich angesehen wird)
- Vereinbarungsgemäß keine Betrachtung der Gülleoption (methodisch inkonsistent; zudem große Datenunsicherheit und weitere methodische Schwierigkeiten hinsichtlich der Emissionsbilanzen über die gesamten Lebenswege)

7 Unterschiede zur "Ökobilanz Rapsöl"

Die für die "Ökobilanz Rapsöl" des Jahres 1993 angewandte Methodik hat auch heute noch uneingeschränkt Gültigkeit. Die damals gewählte Vorgehensweise wie die Äquivalenzprozessbilanzierung und das damit verbundene Verfahren der Gutschriftsanrechnung von Äquivalenzprodukten oder auch die notwendige Einbeziehung von Referenzsystemen werden mittlerweile standardmäßig bei entsprechenden Bilanzen in der Bundesrepublik und auch im internationalen Bereich angewandt.

Dennoch geht diese Studie in mehrfacher Hinsicht über die alte Vorlage hinaus. Beispielsweise werden neben einer grundsätzlichen Aktualisierung bisheriger Basisdaten weitere Emissionen berücksichtigt und quantifiziert. Alle Emissionen werden nach Ortsklassen differenziert betrachtet. Mineralische Ressourcen werden als eigene Kategorie hinzu genommen. Die möglichen Äquivalenzprodukte Sojaschrot und Glyzerin werden neu berechnet.

Chart 7 listet die insgesamt wichtigsten Unterschiede auf und unterteilt nach solchen Bilanzierungsmerkmalen, die bisher – unserer Kenntnis nach – überhaupt noch nicht im Zusammenhang mit "Rapsbilanzen" berechnet wurden, und solchen, die zum Teil bereits in anderen Studien berücksichtigt, hier auf- bzw. übernommen und auf den aktuellen Stand angepasst wurden.

Chart 8 a

Verbrauch mineralischer Ressourcen in g pro kg DKÄ bzw. DK						
	Kalkstein	**Phosphat-erz**	**Schwefel**	**Rohkali**	**Steinsalz**	**Ton-mineralien**
Gutschriftsverf. I	115	203	13,9	209	- 315,5	8,75
Gutschriftsverf. II	115	203	13,9	209	4,0	8,75
Allokation min.	36	71	5,0	98	3,2	6,93
Allokation max.	78	150	10,4	210	3,8	8,40
Ertrag niedrig	115	202	13,8	208	- 315,5	8,75
Ertrag hoch	113	204	14,0	210	- 315,5	8,75
Rapsöl	131	225	14,9	215	--	--
Positives Vorzeichen: Nachteil für RME bzw. Rapsöl						IFEU 1997/1999

Ergebnisse

Im Folgenden werden die in den Charts 5a bzw. 5b ausgewiesenen Bilanzierungsparameter einzeln diskutiert.

8 a Ressourcenverbrauch: Mineralische Ressourcen

Bilanzparameter sind mineralische Rohstoffe, die in relevanten Mengen entlang der Lebenswege in den hier festgelegten Grenzen verbraucht werden. Der Verbrauch mineralischer Ressourcen unterscheidet sich für die betrachteten Kraftstoffarten hinsichtlich Menge und Zusammensetzung deutlich, da beim Dieselkraftstoff praktisch keine mineralischen Rohstoffe einfliessen und die Bilanz somit durch die Bereitstellung von RME und den anzurechnenden Gutschriften bzw. Zurechnungen bestimmt wird.

Zur Ergebnisinterpretation

- Zur Einheitenwahl s. Abschnitt 2.
- Zu den beiden Gutschriftsverfahren I (Glyzerin synthetisch) und II (Glyzerin thermisch) s. Abschnitt 3 bzw. Anhang 16a.
- Zur Wahl der Sensitivitätsanalysen s. Abschnitt 4 bzw. Anhang 16b.
- Die Werte der einzelnen Lebenswegabschnitte sind in Anhang 17e dokumentiert.

Lebenswegvergleiche

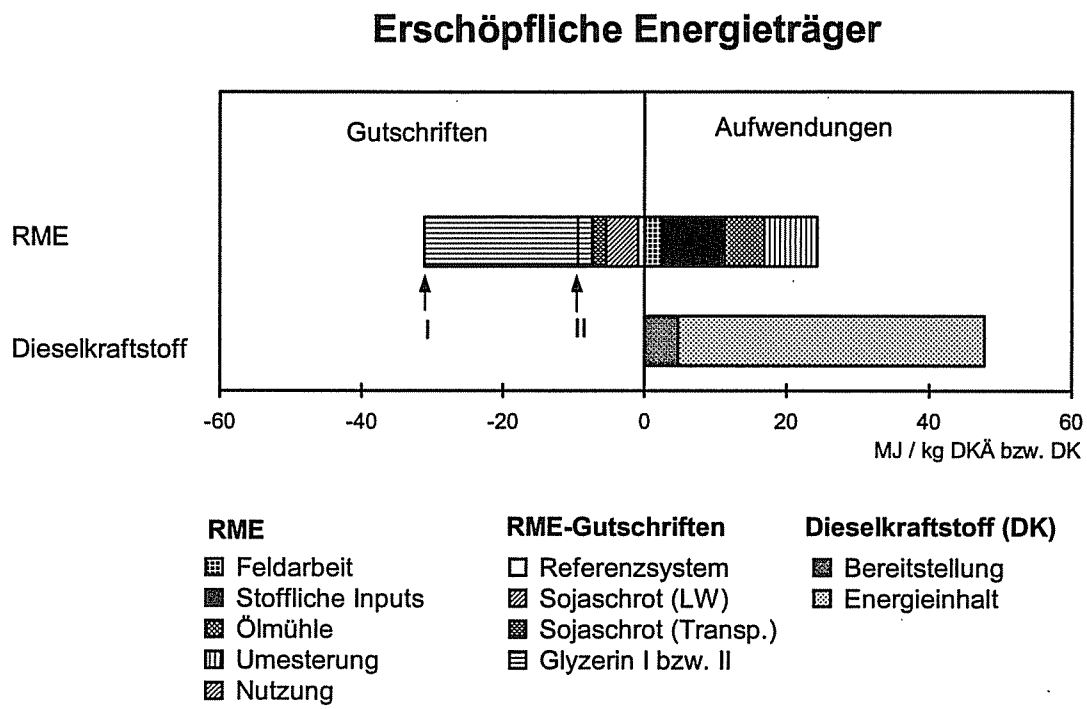
Bei den Lebenswegvergleichen auf der Basis der beiden Gutschriftsverfahren I und II fallen die Bilanzen bei allen mineralischen Ressourcen außer für Steinsalz im Gutschriftsverfahren I zu Ungunsten von RME aus. Ergebnis bestimmend sind hierbei die Aufwendungen an mineralischen Düngemitteln. Die Vorteile beim Steinsalz im Gutschriftsverfahren I entstammen der Gutschrift für technisch erzeugtes Glyzerin, dessen Vorprodukte aus Steinsalz gewonnen werden (s. Detaildarstellung im Anhang 17e).

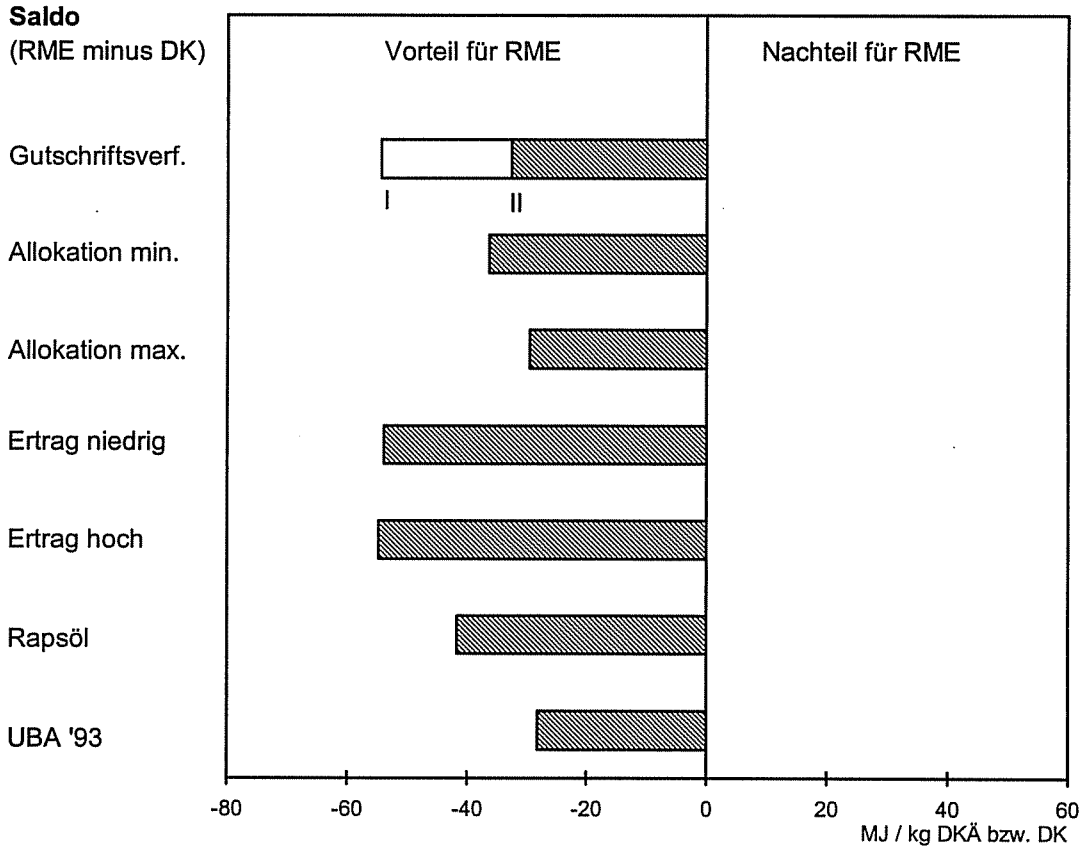
Sensitivitätsanalysen

Bei allen Sensitivitätsanalysen zeigen sich für alle mineralischen Ressourcen – auch hier wieder außer Steinsalz – die gleichen qualitativen Ergebnisse zu Ungunsten von RME (bzw. Rapsöl). Es ist zudem festzustellen, dass neben den Ertragsvariationen auch die Allokationsvariationen Ergebnisse liefern, die quantitativ denen der Lebenswegvergleiche auf der Basis der Gutschriftsverfahren in etwa entsprechen oder darunter liegen (ausgenommen "Rapsöl"). Dies hängt wiederum mit den Aufwendungen für die mineralischen Düngemittel zusammen, die auf Seiten des Raps deutlich höher liegen als bei Soja.

Bei Steinsalz fallen die Bilanzergebnisse dann zu Ungunsten von RME aus, wenn technisch erzeugtes Glyzerin nicht mehr als Gutschrift verrechnet wird, sondern Aufteilungsverfahren zur Anwendung kommen. Bei diesen entfällt dann nämlich die – hier Ergebnis bestimmende – Gutschrift durch technisch produziertes Glyzerin.

Chart 8 b





IFEU Heidelberg 1999

8 b Ressourcenverbrauch: Erschöpfliche Energieträger

Die gesamte Bilanz erfasst die Primärenergieträger zunächst jeweils einzeln, unterteilt in die erschöpflichen Primärenergieträger Erdöl, Erdgas, Stein- und Braunkohle sowie Uran und regenerativen Energien Wasserkraft, Biomasse und sonstige.

Zur Ergebnisinterpretation

- Um dem Charakter der hier diskutierten Wirkungskategorie gerecht zu werden, ist die Summe über alle erschöpflichen Energieträger dargestellt; die regenerativen Energien sind hier nicht ausgewiesen.
- Zur Einheitenwahl s. Abschnitt 2.
- Zu den beiden Gutschriftsverfahren I (Glyzerin synthetisch) und II (Glyzerin thermisch) s. Abschnitt 3 bzw. Anhang 16a.
- Zur Wahl der Sensitivitätsanalysen s. Abschnitt 4 bzw. Anhang 16b.
- Die Einzelwerte sind in Anhang 17a dokumentiert.

Lebenswegvergleiche

Bei den Lebenswegvergleichen auf der Basis der beiden Gutschriftsverfahren I und II ergibt sich im Saldo ein eindeutiger Vorteil für RME.

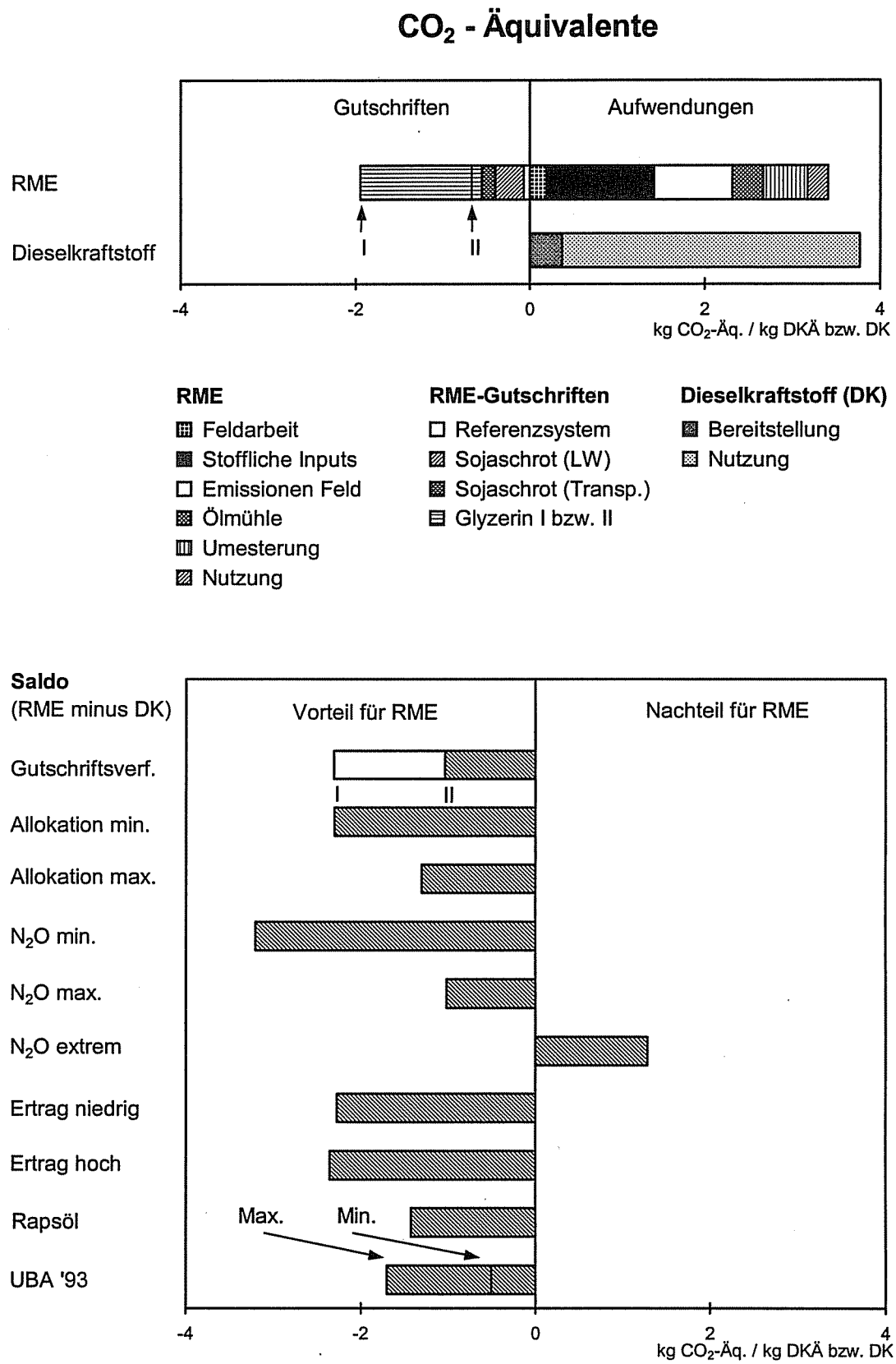
Sensitivitätsanalysen

Alle Sensitivitätsanalysen zeigen übereinstimmend deutliche Vorteile zu Gunsten von RME bzw. Rapsöl.

Vergleich mit UBA 1993

Unter „UBA '93" ist der dem Lebenswegvergleich I entsprechende Wert der früheren Studie dargestellt. Die deutlichen Unterschiede zwischen dem Ergebnis aus dem Lebenswegvergleich I und dem der "Ökobilanz Rapsöl" resultieren nahezu ausschließlich aus der Neuberechnung der Aufwendungen für die Glyzerinproduktion. Nunmehr werden sowohl dessen Prozessenergien höher angesetzt, als auch zusätzlich Chlor und Natronlauge berücksichtigt. Dies bildet die Realität besser ab als zuvor.

Chart 9 a


CO_2 - Äquivalente
Gutschriften
Aufwendungen
RME
Dieselkraftstoff
I
II
-4
-2
0
2
4
kg CO_2-Äq. / kg DKÄ bzw. DK
RME
Feldarbeit
Stoffliche Inputs
Emissionen Feld
Ölmühle
Umesterung
Nutzung
RME-Gutschriften
Referenzsystem
Sojaschrot (LW)
Sojaschrot (Transp.)
Glyzerin I bzw. II
Dieselkraftstoff (DK)
Bereitstellung
Nutzung
Saldo
(RME minus DK)
Vorteil für RME
Nachteil für RME
Gutschriftsverf.
Allokation min.
Allokation max.
N_2O min.
N_2O max.
N_2O extrem
Ertrag niedrig
Ertrag hoch
Rapsöl
UBA '93
Max.
Min.
-4
-2
0
2
4
kg CO_2-Äq. / kg DKÄ bzw. DK
IFEU Heidelberg 1999

9 a Treibhauseffekt

Bilanzparameter sind die Emissionen der klimawirksamen Gase Kohlendioxid (CO_2), Methan (CH_4) und Distickstoffoxid (N_2O bzw. Lachgas), die – entsprechend /IPCC 1996/ mit Treibhauspotenzialen gewichtet – zu CO_2-Äquivalenten aggregiert werden (CO_2: 1, CH_4: 21, N_2O: 310). Eine nach den einzelnen klimawirksamen Gasen und einzelnen Lebenswegabschnitten differenzierte Darstellung findet sich in Abschnitt 9b.

Zur Ergebnisinterpretation

- Zur Einheitenwahl s. Abschnitt 2.
- Zu den beiden Gutschriftsverfahren I (Glyzerin synthetisch) und II (Glyzerin thermisch) s. Abschnitt 3 bzw. Anhang 16a.
- Zur Wahl der Sensitivitätsanalysen s. Abschnitt 4 bzw. Anhang 16b.
- Bei der Darstellung berücksichtigt wurde lediglich fossiles CO_2.
- Die Einzelwerte sind im Anhang dokumentiert.

Lebenswegvergleiche

Im Saldo ergibt sich ein eindeutiger Vorteil für RME.

Sensitivitätsanalysen

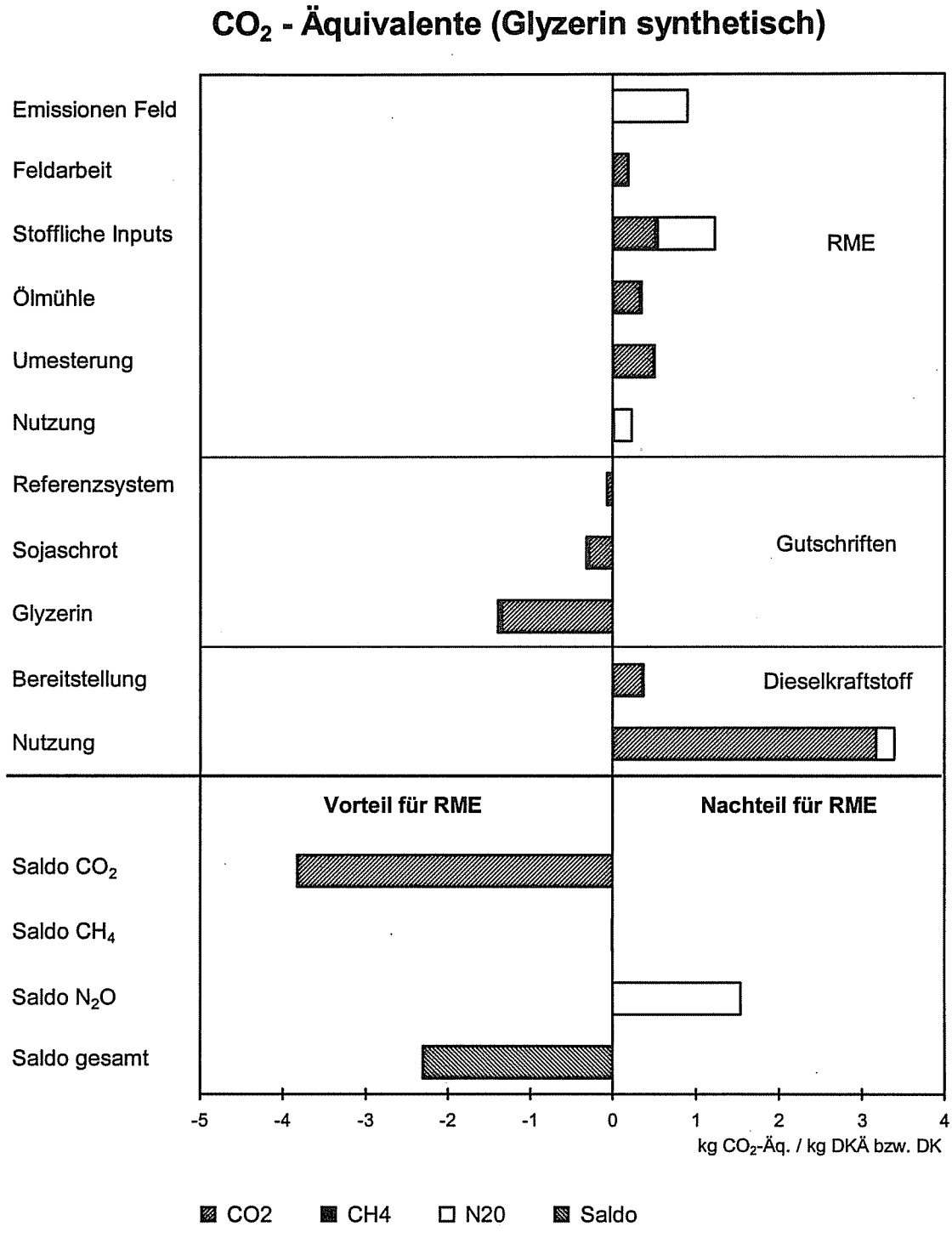
Bis auf die Extremvariante zeigen alle Sensitivitätsanalysen deutliche Vorteile zu Gunsten von RME (bzw. Rapsöl). Die Werte werden insbesondere stark von N_2O beeinflusst. Dabei treten folgende Effekte auf:

- Die direkten N_2O-Emissionen aus der Verwendung von Stickstoffdüngemitteln führen in keinem Fall zu einem Vorzeichenwechsel. D. h., selbst bei Maximalemissionen aus der Düngemittelverwendung fällt die Bilanz zu Gunsten von RME aus.
- Die indirekten N_2O-Emissionen aus den Gesamtsalden für NO_X und NH_3 tragen zusammen im Extremfall zu weniger als 1 % zu den Ergebnissen bei, wovon hierbei NH_3 den überwiegenden Anteil ausmacht. Damit können diese Emissionsquellen bei den hier untersuchten Lebenswegen vernachlässigt werden.
- Die indirekten N_2O-Emissionen durch Denitrifikation ausgewaschener stickstoffhaltiger Verbindungen beeinflussen die Bilanz z. T. erheblich. Die mittleren Werte nach /IPCC 1995/ zeigen weiterhin einen deutlichen Vorteil für RME. Erst bei Berücksichtigung des Maximalwertes nach IPCC ändert sich das Vorzeichen (N_2O extrem). Der break-even-point liegt etwa zwischen mittlerem und maximalem Wert.
- Die Sojaschrotproduktion (Gutschrift) verändert über alle Variationen hinweg die Gesamtergebnisse quantitativ nur marginal.

Vergleich mit UBA 1993

Unter "UBA '93" sind die dem Lebenswegvergleich I entsprechenden Werte der früheren Studie dargestellt. Ein direkter Vergleich mit den Ergebnissen der "Ökobilanz Rapsöl" ist nur eingeschränkt möglich, da sich beim Lebenswegvergleich I deutlich höhere CO_2-Gutschriften in Analogie zu den Energiebilanzen ergeben. Andererseits fließen gegenüber der "Ökobilanz Rapsöl" jetzt deutlich niedrigere N_2O-Anteile ein (gegenläufiger Effekt).

Chart 9 b



IFEU Heidelberg 1999

9 b Treibhauseffekt: Einzelbeiträge

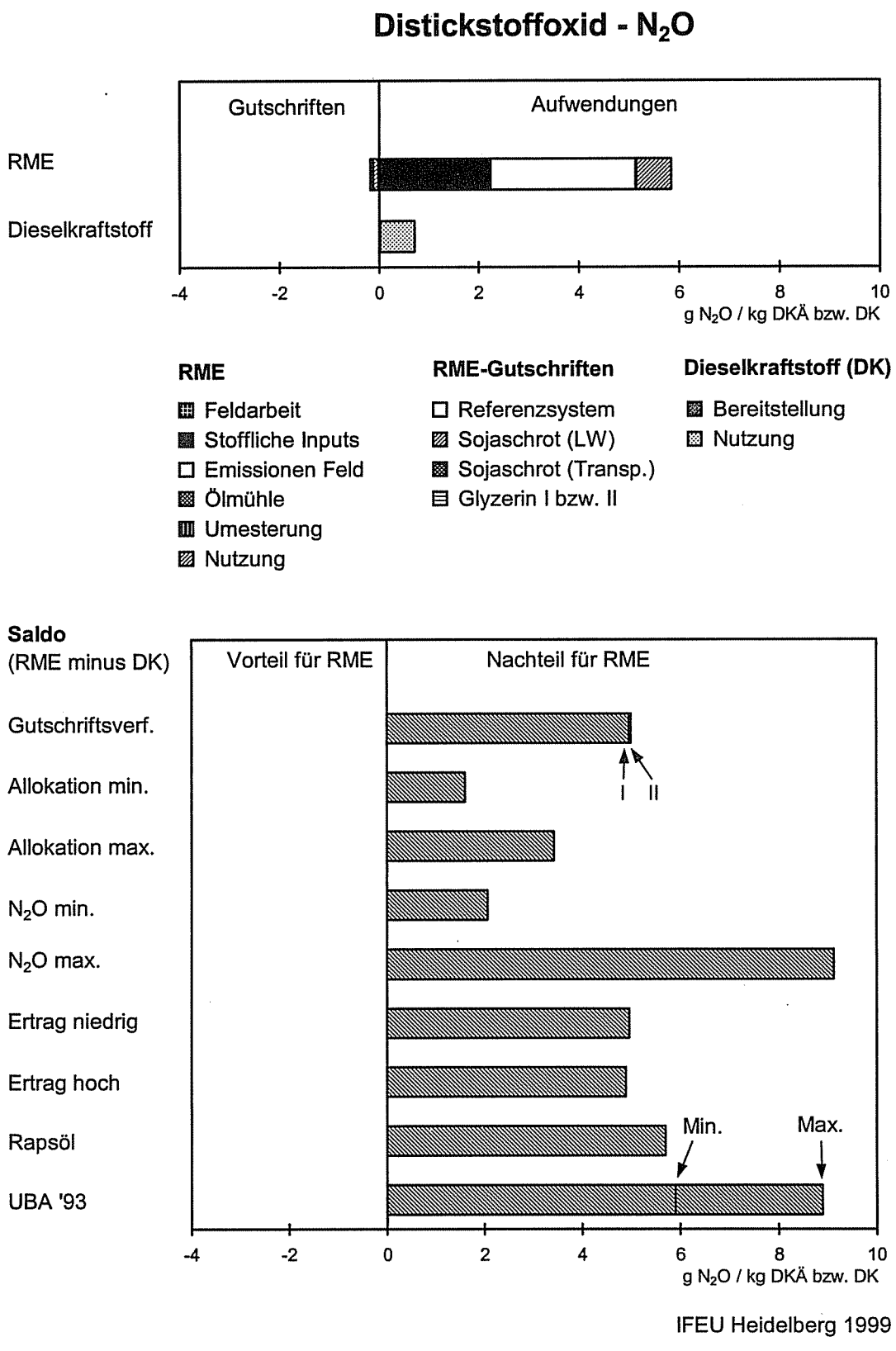
Dargestellt sind die Einzelanteile der Bilanzen für den Treibhauseffekt differenziert nach einzelnen Lebenswegabschnitten beispielhaft für den Lebenswegvergleich I.

- Bilanzparameter sind im einzelnen die klimawirksamen Gase Kohlendioxid (CO_2), Methan (CH_4) und Distickstoffoxid (N_2O, Trivialname: Lachgas), die – entsprechend /IPCC 1996/ mit Treibhauspotenzialen gewichtet – zu CO_2-Äquivalenten aggregiert werden (CO_2: 1, CH_4: 21, N_2O: 310).
- Bei der Darstellung berücksichtigt wurde hier lediglich fossiles CO_2.
- Die Einzelwerte sind in Anhang 17a dokumentiert.

Insgesamt wird ersichtlich:

- Die CO_2-Äquivalente werden von CO_2 dominiert und zwar im Wesentlichen durch die Differenzenbildung gegenüber Dieselkraftstoff; insbesondere spielt CH_4 praktisch keine Rolle.
- Die deutlich zu Gunsten von RME ausfallende CO_2-Bilanz wird teilweise durch die gegenläufige N_2O-Bilanz kompensiert (s. hierzu die ausführliche Diskussion in Abschnitt 9a).

Chart 10



IFEU Heidelberg 1999

10 Stratosphärischer Ozonabbau

Für die betrachteten Lebenswege kommt als Substanz, die in der Stratosphäre Ozon abbaut (Stichwort "Ozonloch"), nur das Distickstoffoxid (N_2O, Trivialname: Lachgas) infrage.

Zur Ergebnisinterpretation

- Zur Einheitenwahl s. Abschnitt 2.
- Zu den Gutschriftsverfahren I und II s. Abschnitt 3 bzw. Anhang 16a.
- Zur Wahl der Sensitivitätsanalysen s. Abschnitt 4 bzw. Anhang 16b.
- Die Einzelwerte sind in Anhang 17a dokumentiert.

Lebenswegvergleiche

Im Saldo ergibt sich ein eindeutiger Nachteil auf Seiten von RME. Die Bilanz wird im Wesentlichen durch zwei Lebenswegabschnitte bestimmt: die Düngemittelproduktion und die Düngemittelverwendung (im Chart "Emissionen Feld"). Verursacher sind hier ausschließlich die mineralischen Stickstoffdüngemittel. Insbesondere wird das Ergebnis durch die unterschiedlichen Glyzerin-Gutschriftsverfahren praktisch nicht beeinflusst.

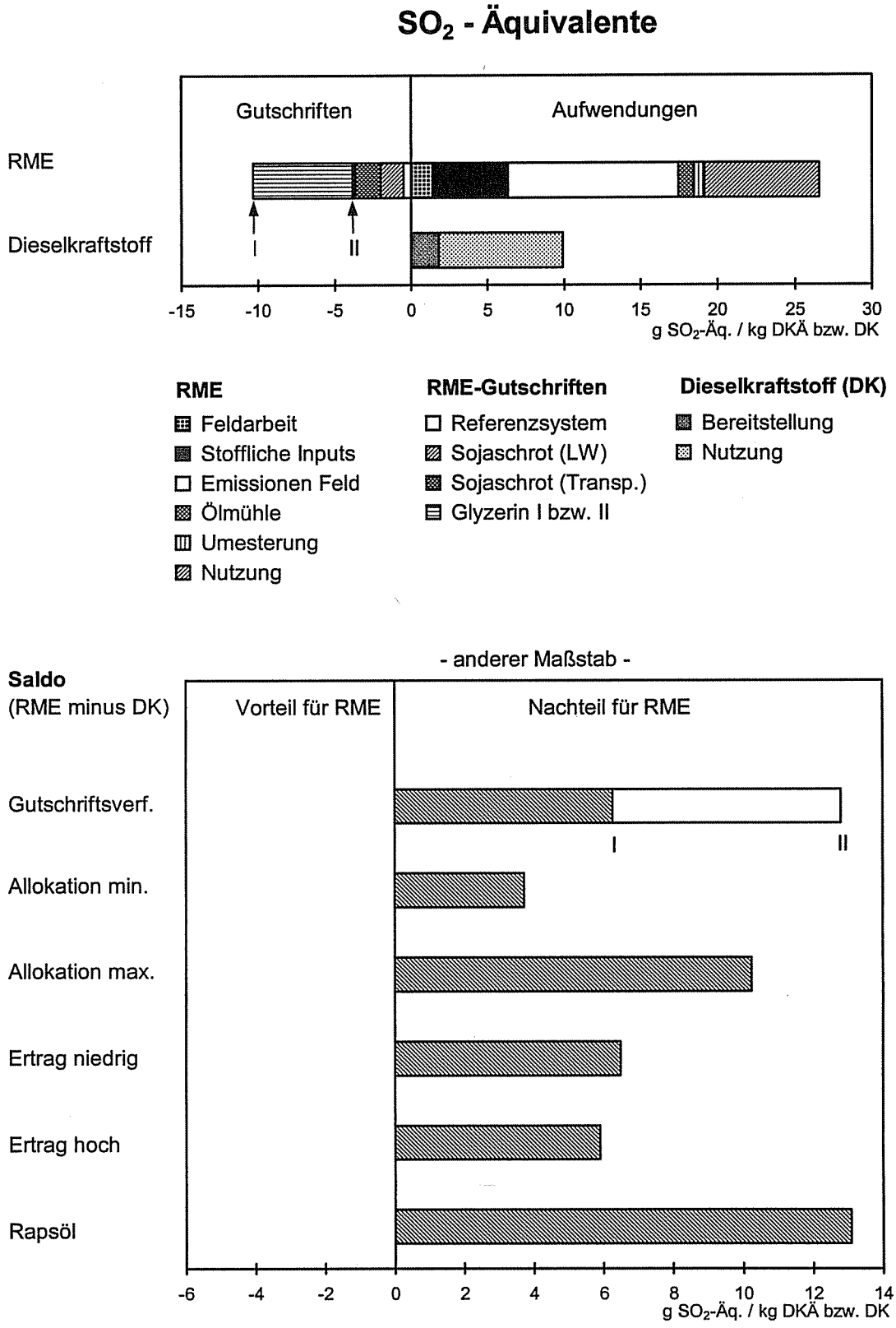
Sensitivitätsanalysen

Alle Sensitivitätsanalysen zeigen Salden zu Ungunsten von RME bzw. Rapsöl. Das hängt damit zusammen, dass der Saldo schon allein durch die Düngemittelproduktion bestimmt wird. Das heißt damit aber auch, dass selbst bei einer Nullemission an N_2O bei der Verwendung von Düngemitteln (s. "N_2O min.") die Bilanz zu Ungunsten von RME ausfällt.

Vergleich mit UBA 1993

Ein direkter Vergleich mit den Ergebnissen der "Ökobilanz Rapsöl" ist nur eingeschränkt möglich, denn es wurde nunmehr über die gesamten Lebenswege bilanziert. Dennoch liegen alleine die düngemittelinduzierten N_2O-Emissionen der "Ökobilanz Rapsöl" höher als die der hier betrachteten vollständigen Lebenswegvergleiche. Hauptgrund hierfür sind nunmehr deutlich niedrigere Hektaraufwendungen an stickstoffhaltigen Düngemitteln bei der Pflanzenproduktion.

Chart 11 a



IFEU Heidelberg 1999

11 a Versauerungspotenzial

Bilanzparameter sind die Emissionen der Säure bildenden Gase Schwefeldioxid (SO_2), Stickoxide (NO_X), Ammoniak (NH_3) und Chlorwasserstoff (HCl), die mit Versauerungspotenzialen gewichtet zu SO_2-Äquivalenten aggregiert werden (SO_2: 1, NO_X: 0,7, NH_3: 1,88, HCl: 0,88; nach /UBA 1995/). Die Anteile der einzelnen Säure bildenden Gase am gesamten Versauerungspotenzial finden sich in Abschnitt 11c.

Zur Ergebnisinterpretation

- Dargestellt ist die Summe der wirkungsspezifisch relevanten Mengen für die Ortsklassen 1 und 2 (vgl. mit Abschnitt 5b).
- Zur Einheitenwahl s. Abschnitt 2.
- Zu den Gutschriftsverfahren I und II s. Abschnitt 3 bzw. Anhang 16a.
- Zur Wahl der Sensitivitätsanalysen s. Abschnitt 4 bzw. Anhang 16b.
- Die Einzelwerte sind in Anhang 17b dokumentiert.

Lebenswegvergleiche

Im Saldo ergibt sich ein Nachteil für RME.

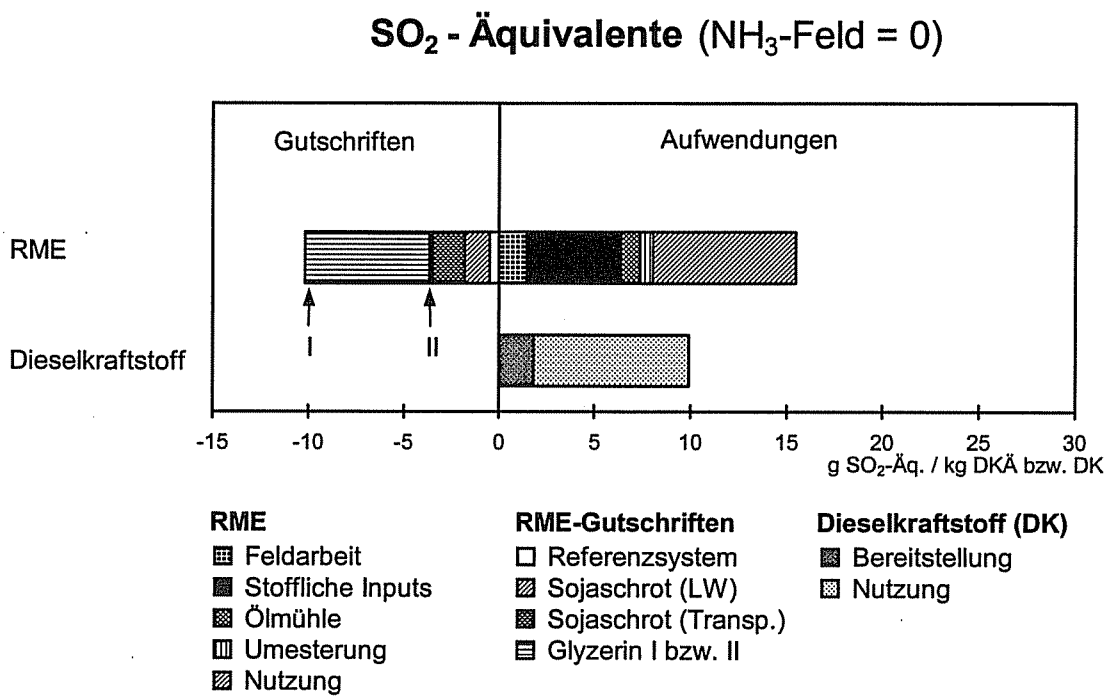
Sensitivitätsanalysen

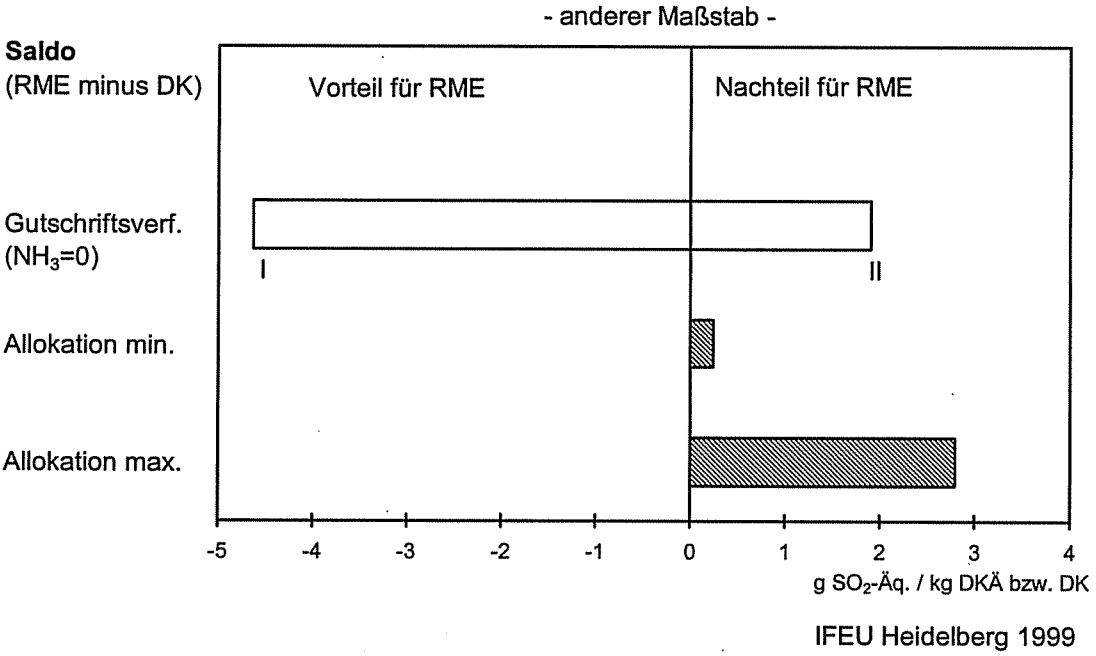
Die diversen Sensitivitätsanalysen zeigen qualitativ ein einheitliches Bild. Dabei liegen lediglich die Variationen mit Gutschriften für Glyzerin und die Variante "Allokation min." im Bereich bzw. unterhalb des Wertes des Lebenswegvergleichs I. Bei den Allokationen für RME/Glyzerin (und Gutschrift für Rapsschrot) fallen die Bilanzen quantitativ entsprechend "Allokation max." oder noch ungünstiger aus.

Besonderer Hinweis

Da die SO_2-Äquivalente insbesondere durch die Ammoniakemissionen aus der Landwirtschaft bestimmt werden (s. Abschnitt 11c), findet sich in Abschnitt 11b - entsprechend den Ausführungen im Anhang - eine weitere Sensitivitätsanalyse für veränderte NH_3-Emissionen.

Chart 11 b





IFEU Heidelberg 1999

11 b Versauerungspotenzial: Variation der NH_3-Emissionen

Ammoniak trägt in außerordentlichem Maß zum gesamten Versauerungspotenzial bei (s. Abschnitt 11c). Um daher den Einfluss unterschiedlicher Höhen an Ammoniakemissionen auf das Gesamtergebnis festzustellen, wurde – entsprechend den Ausführungen im Anhang 16c – eine Sensitivitätsanalyse durchgeführt, bei der die NH_3-Emissionen aus der Verwendung von stickstoffhaltigen Düngemitteln (sowohl für den Raps- als auch den Sojaanbau) gleich Null gesetzt wurden.

Zur Ergebnisinterpretation

- Dargestellt ist die Summe der wirkungsspezifisch relevanten Mengen für die Ortsklassen 1 und 2 (vgl. mit Abschnitt 5b).
- Zu den Bilanzparametern und Berechnungen s. Abschnitt 11a, zur Einheitenwahl s. Abschnitt 2.
- Zu den Gutschriftsverfahren I und II s. Abschnitt 3 bzw. Anhang 16a.
- Zur Wahl der Sensitivitätsanalysen s. Abschnitt 4 bzw. Anhang 16b.
- Die Einzelwerte sind in Anhang 17f dokumentiert.

Lebenswegvergleiche (NH_3-Feld = 0)

Für den Saldo ergibt sich für das Gutschriftsverfahren I ein Vorteil für RME, für das Gutschriftsverfahren II ein Nachteil. Dieses Resultat bestimmt sich gegenüber den mit mittleren Emissionsfaktoren berechneten Bilanzergebnissen im Wesentlichen durch den Wegfall der landwirtschaftsbedingten NH_3-Emissionen.

Sensitivitätsanalysen (NH_3-Feld = 0)

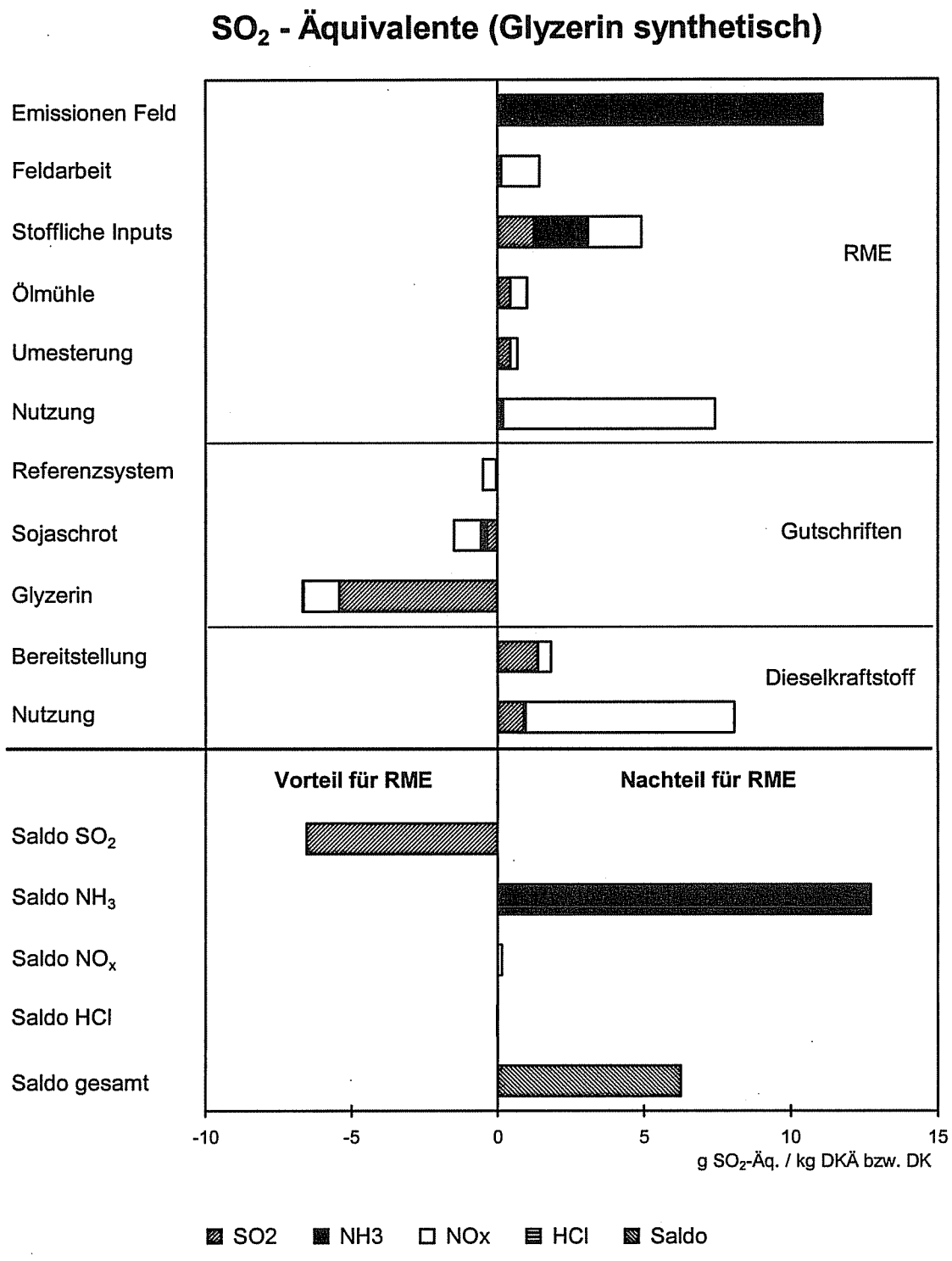
Die Ergebnisse der Sensitivitätsanalysen zeigen, dass sich bei allen Allokationskombinationen das Vorzeichen gegenüber dem Lebenswegvergleich I (NH_3-Feld = 0) umdreht, d. h. die Bilanzen fallen dann zu Ungunsten von RME bzw. Rapsöl aus. Dies hängt direkt mit der Gutschrift für technisch erzeugtes Glyzerin zusammen. Dieses Verhalten zeigt sich durchweg auch bei allen anderen Kombinationen der Gutschrifts- bzw. Zurechnungsverfahren.

Der break-even-point für die landwirtschaftsbedingten direkten NH_3-Emissionen liegt beim Lebenswegvergleich I (Glyzerin synthetisch) bei deutlich unter 50 % des angenommenen Emissionswertes in Höhe von 40 g NH_3 pro kg Düngemittel-Stickstoff (s. Anhang 16c).

Fazit

- Die Bilanzen des Versauerungspotenzials fallen nur dann zu Gunsten von RME aus, wenn synthetisches Glyzerin gutgeschrieben wird und zusätzlich die NH_3-Emissionen aus der Verwendung stickstoffhaltiger Düngemittel bei deutlich weniger als 50 % des angenommenen NH_3-Emissionswerts in Höhe von 40 g NH_3 pro kg Düngemittel-Stickstoff liegen.
- In allen anderen Fällen wie z. B. bei den Allokationsverfahren für Glyzerin oder wenn der NH_3-Emissionsfaktor mindestens etwa halb so hoch ist wie der angenommene, fällt der Saldo zu Ungunsten von RME bzw. Rapsöl aus.

Chart 11 c



IFEU Heidelberg 1999

11 c Versauerungspotenzial: Einzelbeiträge

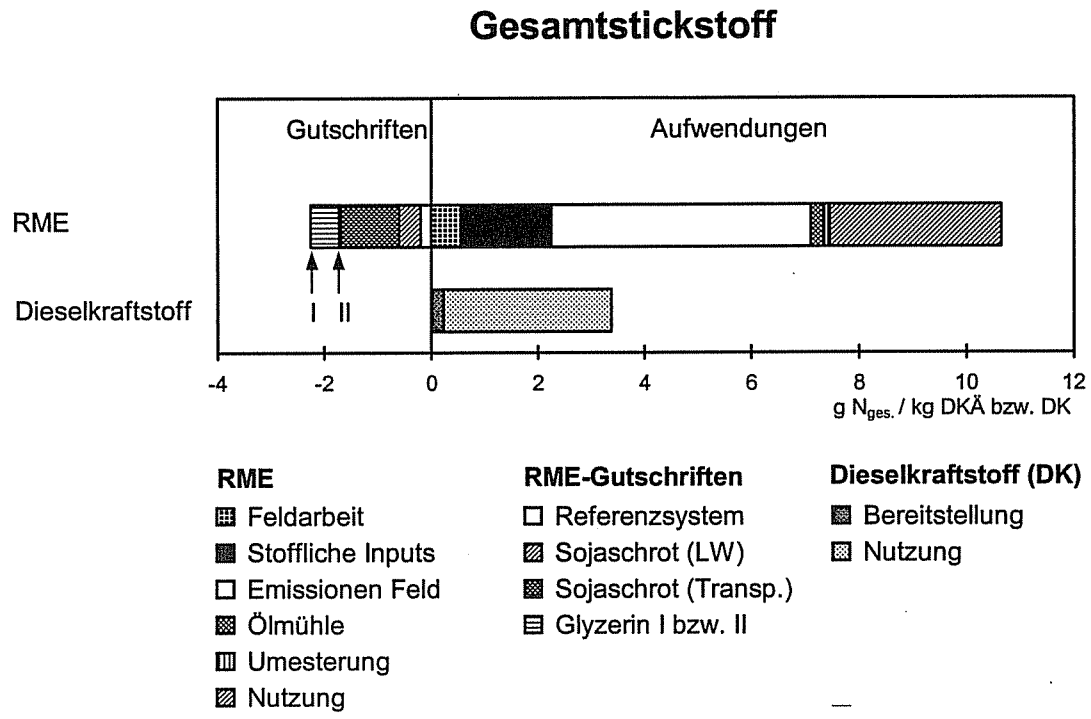
Chart 11c zeigt die einzelnen Säure bildenden Gase differenziert nach Lebenswegabschnitten beispielhaft für den Lebenswegvergleich I.

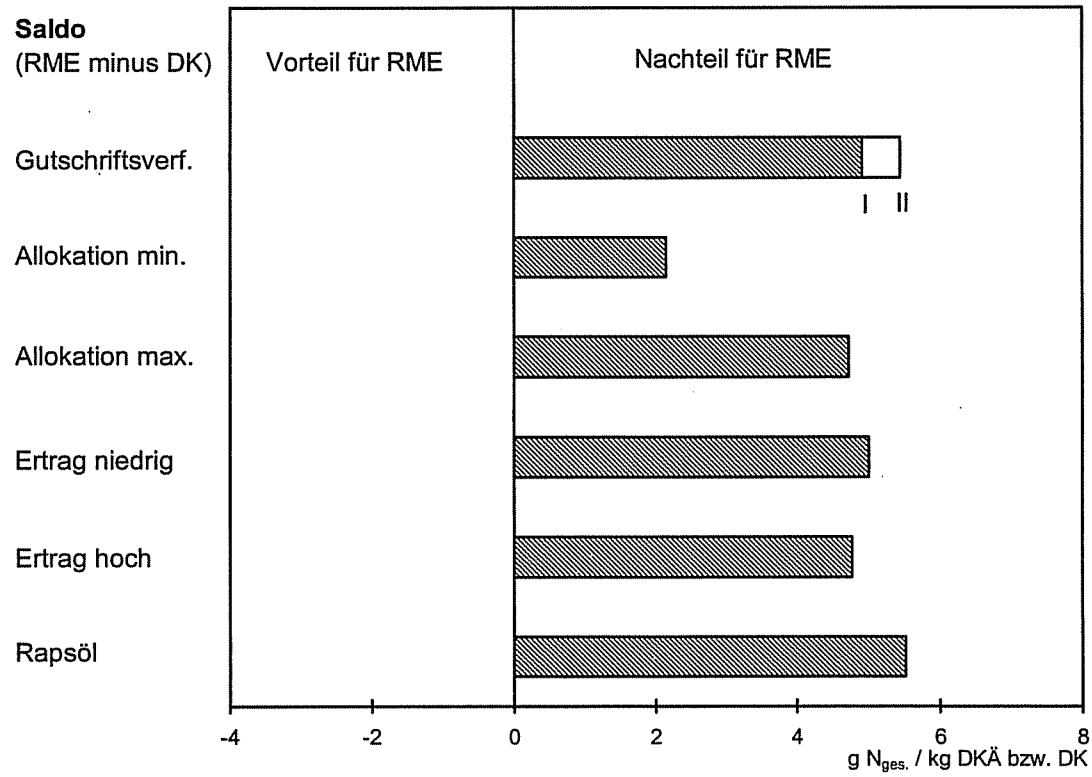
- Wiedergegeben ist die Summe der wirkungsspezifisch relevanten Mengen für die Ortsklassen 1 und 2 (vgl. mit Abschnitt 5b).
- Bilanzparameter sind die Emissionen der Säure bildenden Gase Schwefeldioxid (SO_2), Stickoxide (NO_X), Ammoniak (NH_3) und Chlorwasserstoff (HCl), die mit Versauerungspotenzialen gewichtet zu SO_2-Äquivalenten aggregiert werden (SO_2: 1, NO_X: 0,7, NH_3: 1,88, HCl: 0,88; nach /UBA 1995/).
- Die Einzelwerte sind in Anhang 17b und 17c dokumentiert.

Insgesamt wird ersichtlich:

- Die SO_2-Äquivalente werden im Wesentlichen von Ammoniak dominiert; die Stickoxide und insbesondere Chlorwasserstoff spielen praktisch keine Rolle.
- Die Salden der einzelnen Säure bildenden Gase werden im Wesentlichen durch einen einzigen, jeweils spezifischen Lebenswegabschnitt bestimmt.
- Letztlich hängt die Aussagekraft des Endergebnisses von der Qualität des Emissionsfaktors für die düngemittelinduzierten Ammoniakemissionen und – in nicht ganz so ausgeprägtem Maße – von dem Bilanzierungsansatz "Glyzerin-Gutschrift" ab (s. Diskussion in Abschnitt 11b).

Chart 12





IFEU Heidelberg 1999

12 Eutrophierung

Bilanzparameter sind für die Wirkungskategorie "Eutrophierung terrestrischer und limnischer Ökosysteme durch luftgetragene Schadstoffe" gemäß Abschnitt 4 die Stickoxid- (NO_X) und die Ammoniak-Emissionen (NH_3). Diese werden über ihren Stickstoffanteil zu Gesamtstickstoff ($N_{ges.}$) aggregiert. Zur Einzeldarstellung der genannten Schadstoffe siehe Abschnitte 14a und 14c.

Zur Ergebnisinterpretation

- Dargestellt ist die Summe der wirkungsspezifisch relevanten Mengen für die Ortsklassen 1 und 2 (vgl. mit Abschnitt 5b).
- Zur Einheitenwahl s. Abschnitt 2.
- Zu den Gutschriftsverfahren I und II s. Abschnitt 3 bzw. Anhang 16a.
- Zur Wahl der Sensitivitätsanalysen s. Abschnitt 4 bzw. Anhang 16b.
- Die Einzelwerte sind in Anhang 17b und 17c dokumentiert.

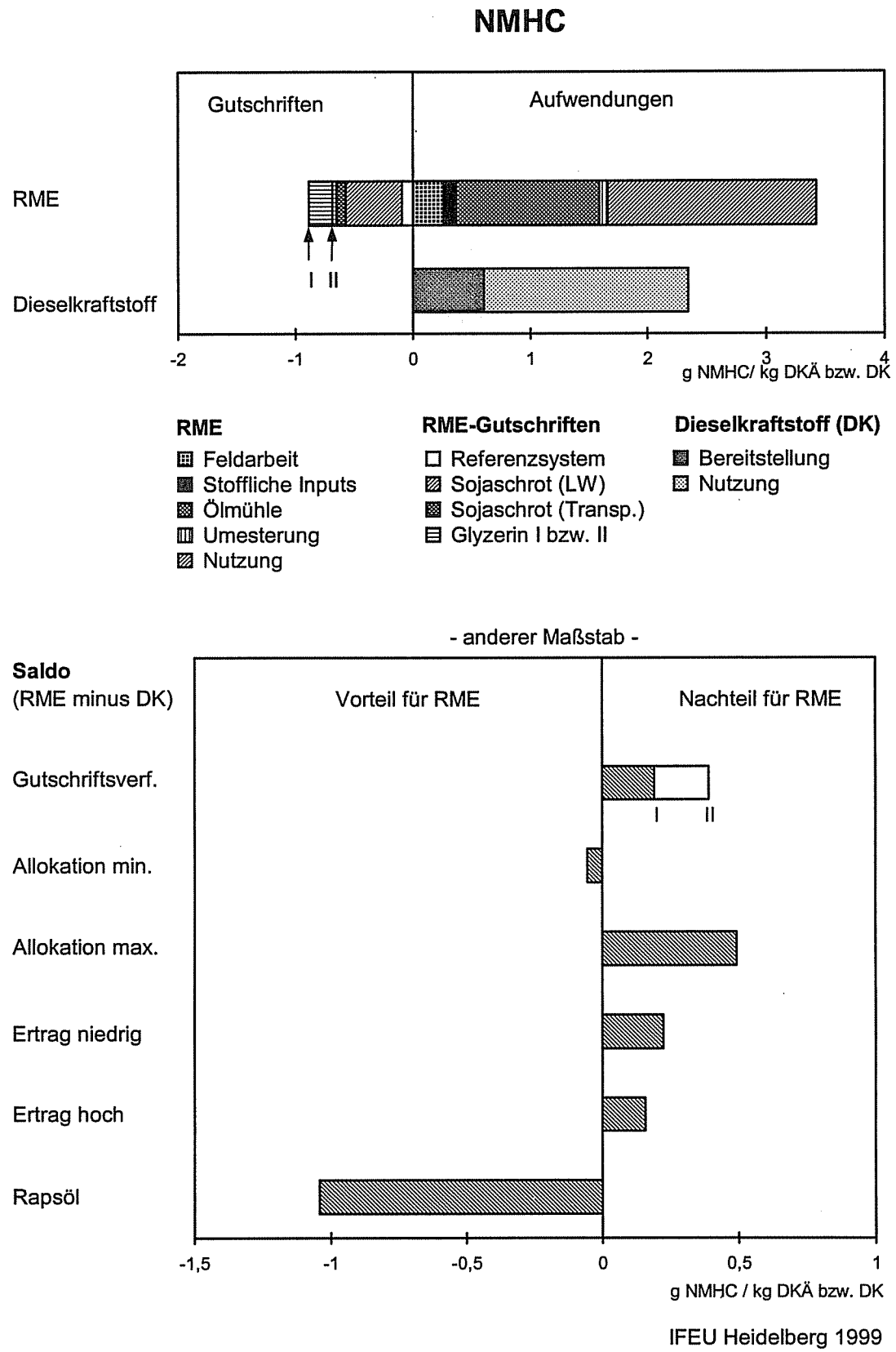
Lebenswegvergleiche

Im Saldo ergibt sich ein Nachteil für RME.

Sensitivitätsanalysen

Auch bei den Sensitivitätsanalysen zeigen die Ergebnisse das gleiche qualitative Verhalten, d. h. sie fallen zu Ungunsten von RME (bzw. Rapsöl) aus.

Chart 13



IFEU Heidelberg 1999

13 Fotosmog

Als die wichtigsten Ozonvorläufersubstanzen, die unter bestimmten Voraussetzungen Fotosmog (u. a. Ozon) bilden können, gelten allen voran die Stickoxide (NO_X) und die Nichtmethan-Kohlenwasserstoffe (NMHC). Methan kann ebenfalls die Ozonbildung fördern; die relativ lange Verweildauer in der Atmosphäre führt jedoch zur weltweiten Verteilung und damit nur zu geringen Anteilen an der emittenten-nahen, regionalen Fotosmogbildung. Auf die Methanemissionen wird daher hier nicht eingegangen. Die NO_X-Emissionen sind im nächsten Abschnitt unter der Kategorie "Human- und Ökotoxizität" dargestellt und diskutiert; insofern beschränken wir uns hier auf Anmerkungen zu den NMHC-Emissionen und die Zusammenführung mit den Ergebnissen für NO_X.

Die Einstufung der Ozonvorläufersubstanzen als tatsächliche Ozonbildner ist schwierig. Bei gleichzeitig höheren NO_X- und NMHC-Emissionen kann jedoch grundsätzlich von einem höheren Ozonbildungspotenzial ausgegangen werden. Treten höhere NO_X-Emissionen mit niedrigeren NMHC-Emissionen auf – oder umgekehrt –, so lässt sich ohne weitere Beurteilungskriterien wie die jeweils aktuell vorliegenden meteorologischen Gegebenheiten keine wissenschaftlich abgesicherte Aussage ableiten.

Zur Ergebnisinterpretation

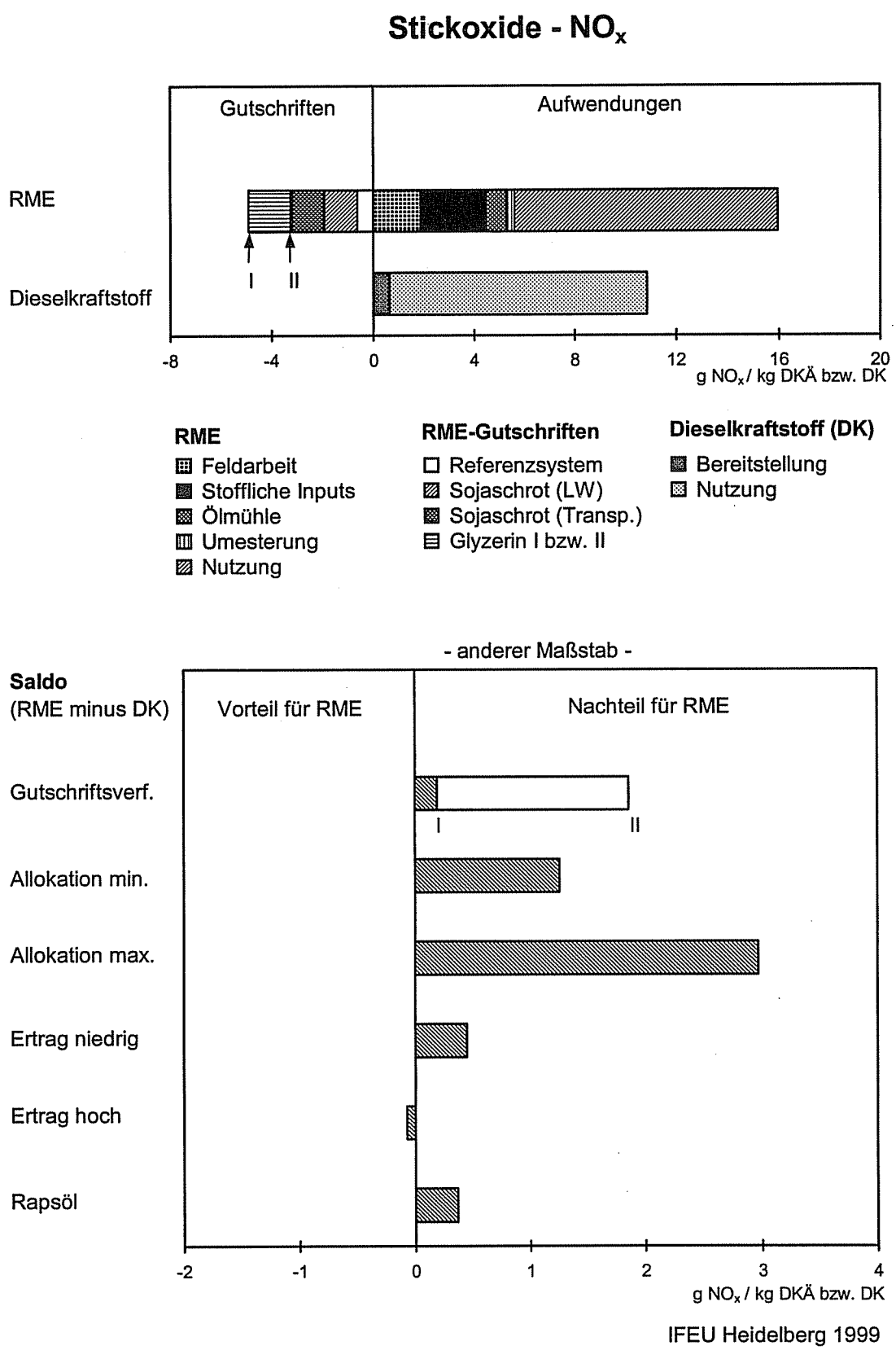
- Dargestellt ist die Summe der wirkungsspezifisch relevanten Mengen für die Ortsklassen 1 und 2 (vgl. mit Abschnitt 5b) für NMHC in Chart 13 bzw. für NO_x in Chart 14a.
- Zur Einheitenwahl s. Abschnitt 2.
- Zu den Gutschriftsverfahren I und II s. Abschnitt 3 bzw. Anhang 16a.
- Zur Wahl der Sensitivitätsanalysen s. Abschnitt 4 bzw. Anhang 16b.
- Die Einzelwerte sind in Anhang 17d dokumentiert.

Lebenswegvergleiche und Sensitivitätsanalysen

Bei **RME** zeigt sich, dass sowohl bei den NMHC als auch bei den Stickoxiden tendenziell eher Nachteile für RME festzustellen sind (bei Allokation min. bzw. Ertrag hoch findet sich jeweils ein gegenläufiges Verhalten). Die Höhe der Salden selbst sind dabei etwa eine Größenordnung kleiner als die Werte der einzelnen Lebenswege.

Bei **Rapsöl** zeigt sich ein gegenläufiges Verhalten. Die Werte für NMHC fallen eindeutig zu Gunsten von Rapsöl aus, diejenigen für NO_X etwas weniger eindeutig zu Ungunsten von Rapsöl. Letztendlich kommt es auf die jeweilige Situation (Wetterverhältnisse etc.) an, ob eher dem einen oder dem anderen Kraftstoff Vorteile zuzuweisen sind.

Chart 14 a


Stickoxide - NO_x
Gutschriften
Aufwendungen
RME
Dieselkraftstoff
I
II
-8
-4
0
4
8
12
16
20
g NO_x / kg DKÄ bzw. DK
RME
Feldarbeit
Stoffliche Inputs
Ölmühle
Umesterung
Nutzung
RME-Gutschriften
Referenzsystem
Sojaschrot (LW)
Sojaschrot (Transp.)
Glyzerin I bzw. II
Dieselkraftstoff (DK)
Bereitstellung
Nutzung
- anderer Maßstab -
Saldo
(RME minus DK)
Vorteil für RME
Nachteil für RME
Gutschriftsverf.
Allokation min.
Allokation max.
Ertrag niedrig
Ertrag hoch
Rapsöl
-2
-1
0
1
2
3
4
g NO_x / kg DKÄ bzw. DK
IFEU Heidelberg 1999

14 a Human- und Ökotoxizität: NO_x

Zur Ergebnisinterpretation

- Dargestellt ist die Summe der wirkungsspezifisch relevanten Mengen für die Ortsklassen 1 und 2 (vgl. mit Abschnitt 5b).
- Zur Einheitenwahl s. Abschnitt 2.
- Zu den Gutschriftsverfahren I und II s. Abschnitt 3 Anhang 16a.
- Zur Wahl der Sensitivitätsanalysen s. Abschnitt 4 bzw. Anhang 16b.
- Die Einzelwerte sind in Anhang 17b dokumentiert.

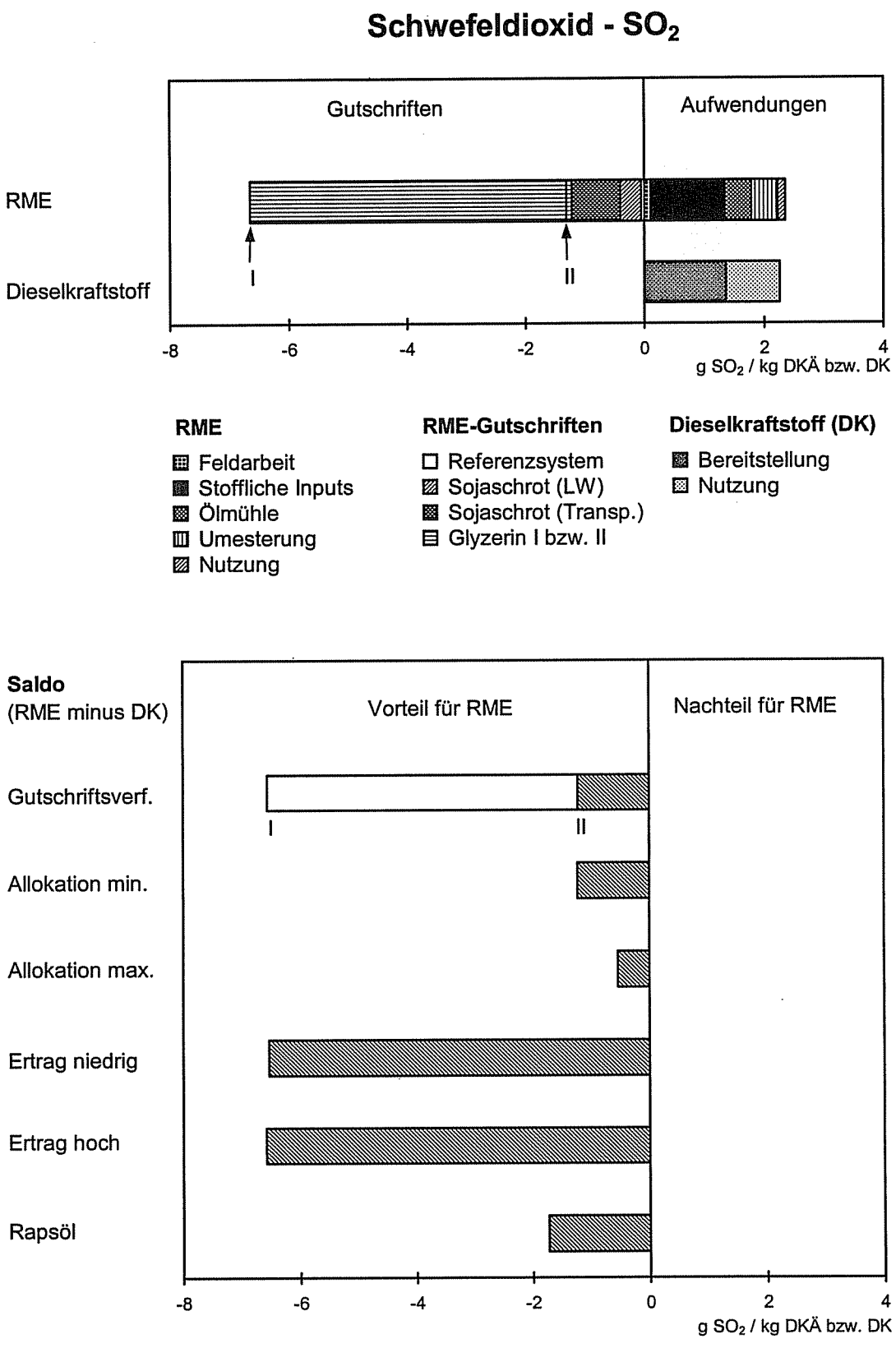
Lebenswegvergleiche

Die Ergebnisse werden insbesondere durch die Nutzung der Kraftstoffe bestimmt, wobei die Höhe der Salden etwa eine Größenordnung niedriger ausfallen, als die Werte für die Lebenswege der einzelnen Kraftstoffe. Unterschiedliche Emissionsfaktoren bei der Nutzung können somit das Ergebnis deutlich beeinflussen. Im Saldo ergibt sich unter den hier getroffenen Annahmen ein Nachteil aus der Sicht von RME. Dieser begründet sich insbesondere durch die landwirtschaftliche Rapsproduktion.

Sensitivitätsanalysen

Bis auf "Ertrag hoch" verhalten sich die Ergebnisse für RME bzw. Rapsöl bei den Sensitivitätsanalysen qualitativ so wie bei den Lebenswegvergleichen. Gegenüber dem Lebenswegvergleich I (Glyzerin synthetisch) zeigen sich je nach angesetzter Kombination an Gutschrifts- bzw. Allokationsverfahren quantitativ nahezu durchgängig ungünstigere Verhältnisse. Insbesondere bei den reinen Allokationsverfahren ergeben sich um mehrere Faktoren höhere Ergebnisse. Bei der Variante "Ertrag hoch" fällt das Ergebnis zu Gunsten von RME aus, da gegenüber dem Lebenswegvergleich I die etwas höheren Aufwendungen für Feldarbeit, Düngemittel und Konversion durch höhere Gutschriften für Sojaschrot und Glyzerin überkompensiert werden.

Chart 14 b



IFEU Heidelberg 1999

14 b Human- und Ökotoxizität: SO_2

Zur Ergebnisinterpretation

- Dargestellt ist die Summe der wirkungsspezifisch relevanten Mengen für die Ortsklassen 1 und 2 (vgl. mit Abschnitt 5b).
- Zur Einheitenwahl s. Abschnitt 2.
- Zu den Gutschriftsverfahren I und II s. Abschnitt 3 bzw. Anhang 16a.
- Zur Wahl der Sensitivitätsanalysen s. Abschnitt 4 bzw. Anhang 16b.
- Die Einzelwerte sind in Anhang 17b dokumentiert.

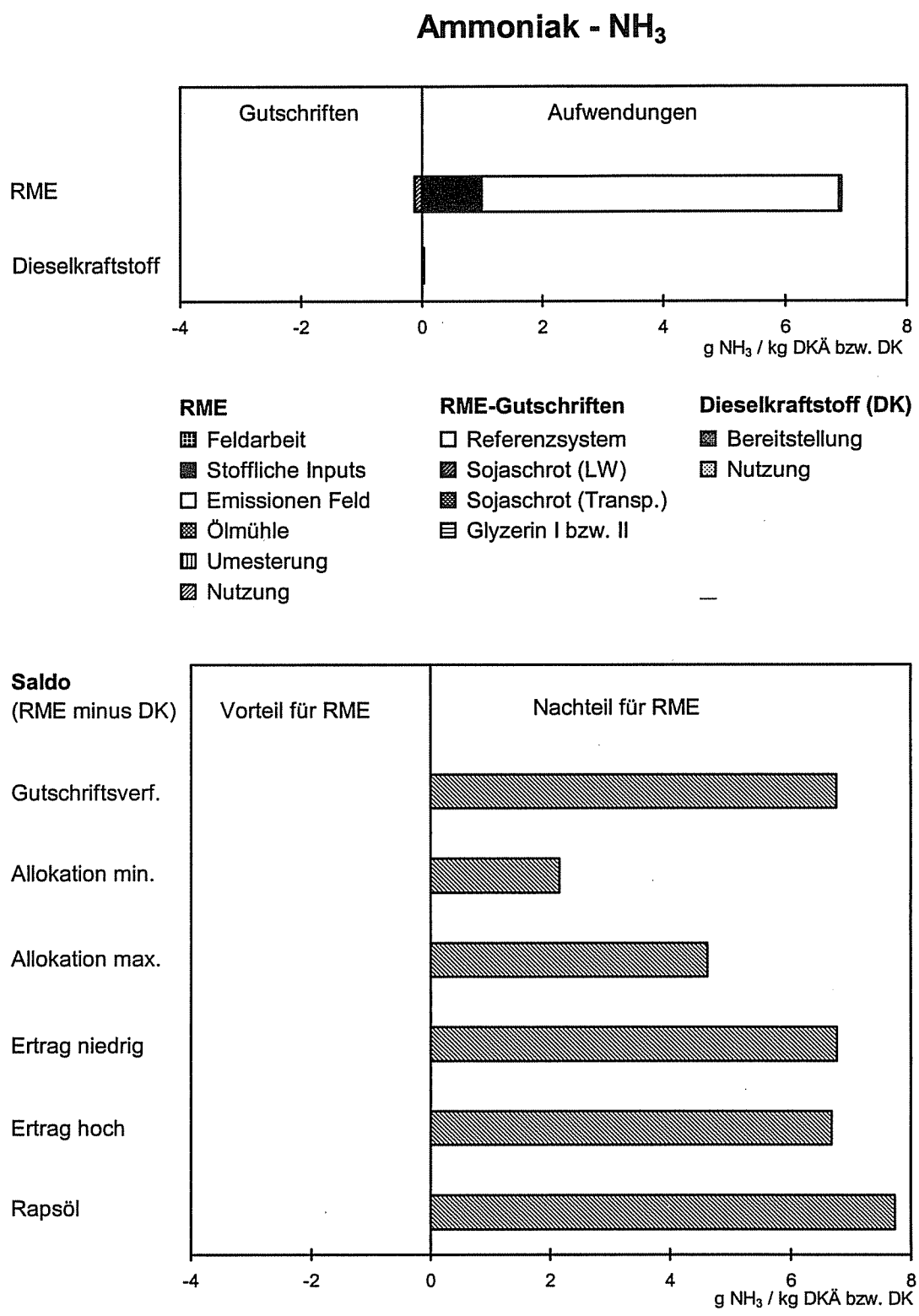
Lebenswegvergleiche

Im Saldo ergibt sich ein Vorteil für RME. Dieser ist für den Lebenswegvergleich I deutlicher, für den Lebenswegvergleich II weniger stark ausgeprägt. Die Aufwendungen für die Bereitstellung von RME und Dieselkraftstoff halten sich in etwa die Waage. Ergebnis bestimmend sind somit die Gutschriften aus der Bereitstellung der Äquivalenzprodukte. Hierbei wird die Bilanz für RME – wie auch das Gesamtergebnis – durch die Wahl des Gutschriftsverfahrens für Glyzerin bestimmt.

Sensitivitätsanalysen

In allen Fällen der untersuchten Sensitivitätsanalysen zeigt sich das gleiche qualitative Verhalten wie beim Lebenswegvergleich I. Es finden sich lediglich quantitative Unterschiede, die sich aufgrund der dominierenden Rolle der Glyzerin-Gutschrift in zwei Kategorien einordnen lassen, je nachdem, ob Glyzerin als Gutschrift angerechnet oder ein Allokationsverfahren gewählt wurde. Dabei unterscheiden sich die erhaltenen Ergebnisse in etwa um den Faktor 5 bis 6.

Chart 14 c



IFEU Heidelberg 1999

14 c Human- und Ökotoxizität: NH_3

Zur Ergebnisinterpretation

- Dargestellt ist die Summe der wirkungsspezifisch relevanten Mengen für die Ortsklassen 1 und 2 (vgl. mit Abschnitt 5b).
- Zur Einheitenwahl s. Abschnitt 2.
- Zu den Gutschriftsverfahren I und II s. Abschnitt 3 bzw. Anhang 16a.
- Zur Wahl der Sensitivitätsanalysen s. Abschnitt 4 bzw. Anhang 16b.
- Die Einzelwerte sind in Anhang 17c dokumentiert.

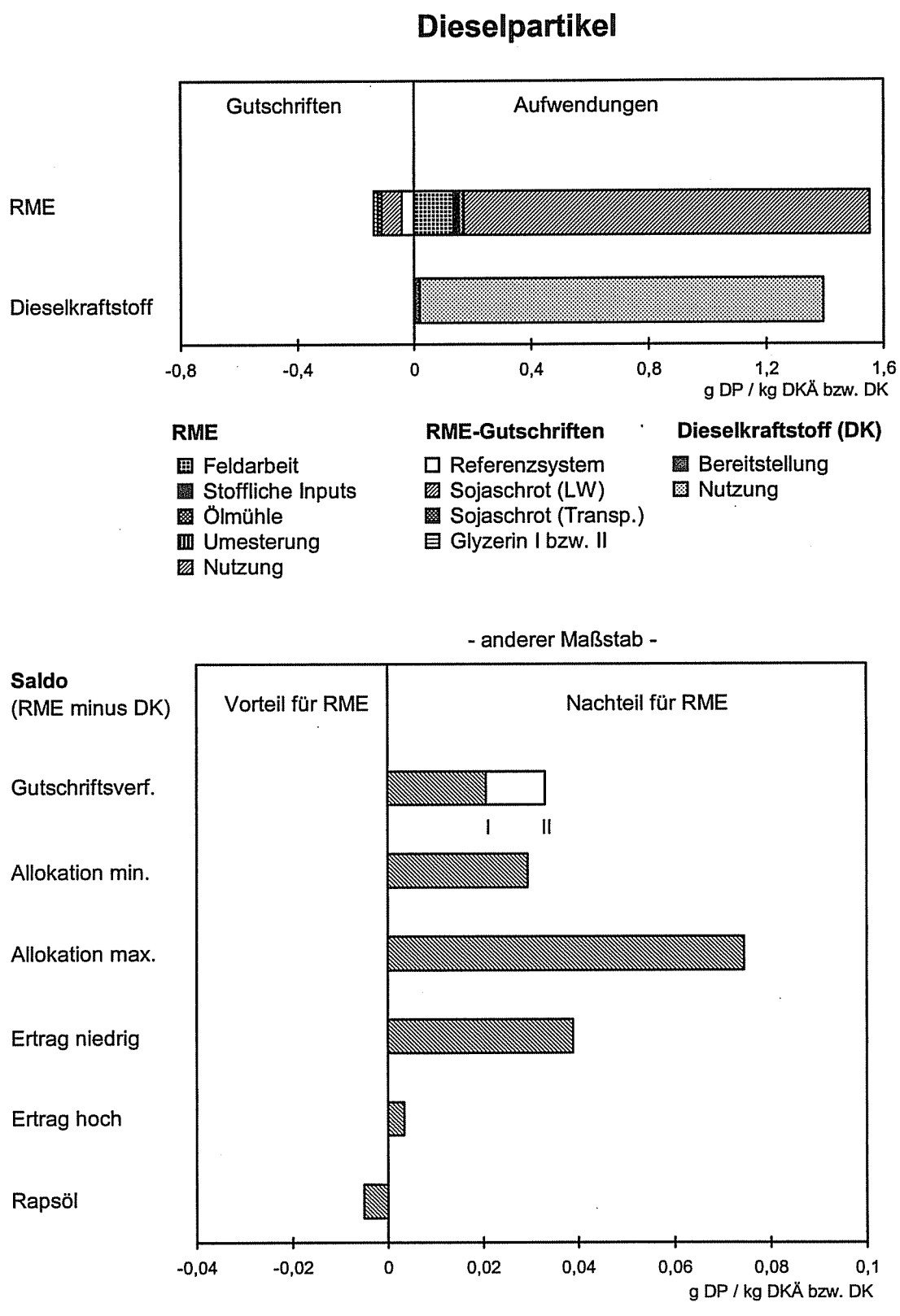
Lebenswegvergleiche

Der Saldo fällt deutlich zu Ungunsten von RME aus. Bilanz bestimmend sind die NH_3-Emissionen bei der Düngemittelverwendung und – deutlich geringer – solche aus der Produktion stickstoffhaltiger Mineraldünger.

Sensitivitätsanalysen

In allen Fällen der untersuchten Sensitivitätsanalysen fallen die Ergebnisse zu Ungunsten von RME bzw. Rapsöl aus. Für das Ergebnis quantitativ bestimmend sind hierbei die NH_3-Emissionen aus der Düngemittelverwendung. D. h., es ergeben sich quantitativ geringere Werte, wenn von Gutschriftsverfahren auf Allokationsverfahren übergegangen wird. Qualitativ jedoch verändert dieser Parameter das Gesamtergebnis nicht. D. h., selbst bei einer angenommenen Nullemission an düngemittelinduziertem NH_3 fällt die Bilanz aufgrund der dann dominierenden NH_3-Emissionen aus der Düngemittelbereitstellung weiterhin zu Ungunsten von RME bzw. Rapsöl aus.

Chart 14 d



IFEU Heidelberg 1999

14 d Human- und Ökotoxizität: Dieselpartikel

Zur Ergebnisinterpretation

- Dargestellt ist die Summe der wirkungsspezifisch relevanten Mengen für die Ortsklassen 1 und 2 (vgl. mit Abschnitt 5b).
- Zur Einheitenwahl s. Abschnitt 2.
- Zu den Gutschriftsverfahren I und II s. Abschnitt 3 bzw. Anhang 16a.
- Zur Wahl der Sensitivitätsanalysen s. Abschnitt 4 bzw. Anhang 16b.
- Die Einzelwerte sind in Anhang 17c dokumentiert.

Lebenswegvergleiche

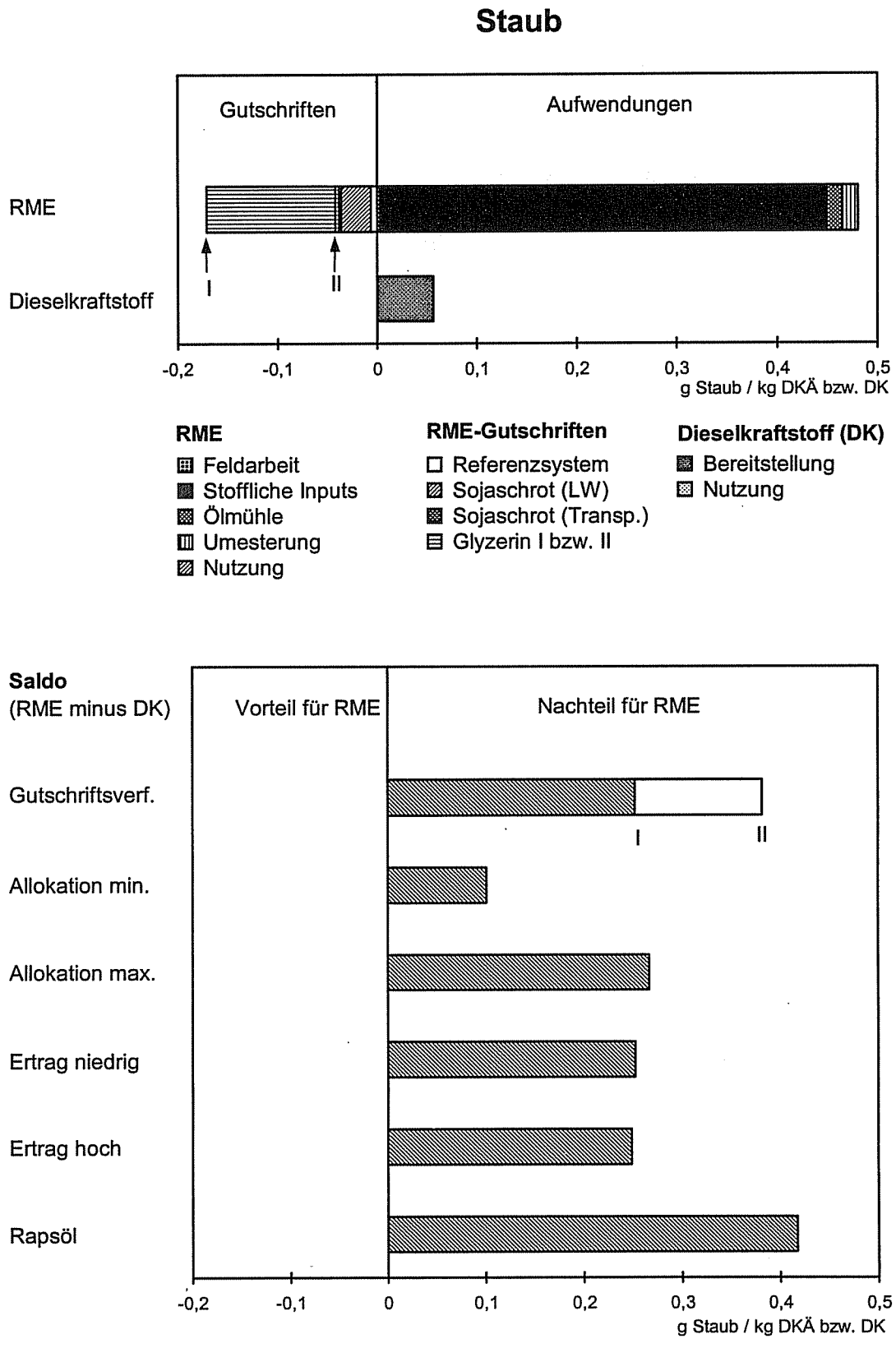
Der Saldo fällt (knapp) zu Ungunsten von RME aus. Bilanz bestimmend ist zunächst der Lebenswegabschnitt "Nutzung" der jeweiligen Kraftstoffe. Da dieser jedoch für die beiden Kraftstoffe gleichgesetzt wird (s. Abschnitt 16e), wird das Ergebnis tatsächlich vom Lebenswegabschnitt Feldarbeit bestimmt. Die Höhe der Salden fällt dabei mehr als eine Größenordnung niedriger aus als die Werte für die Lebenswege der einzelnen Kraftstoffe. Unterschiedliche Emissionsfaktoren bei der Nutzung können somit das Ergebnis deutlich beeinflussen. Bezogen auf die Ortsklasse 1, also in Ballungsgebieten, fällt der Saldo jedoch zu Null aus.

Sensitivitätsanalysen

Für **RME** bleibt für die Sensitivitätsanalysen das Ergebnis bezogen auf den Lebenswegvergleich I stabil.

Bei den sich für **Rapsöl** ergebenden Vorteilen im Vergleich zu Dieselkraftstoff finden sich die analogen Verhältnisse wie unter "Lebenswegvergleiche" für RME beschrieben. Die hier berechneten Emissionsmengen beziehen sich jedoch ausschließlich auf die Ortsklasse 2.

Chart 14 e



IFEU Heidelberg 1999

14 e Human- und Ökotoxizität: Staub, Aldehyde, Benzol, PAK

• Staub

Zur Ergebnisinterpretation

- Dargestellt ist die Summe der wirkungsspezifisch relevanten Mengen für die Ortsklassen 1 und 2 (vgl. mit Abschnitt 5b).
- Zur Einheitenwahl s. Abschnitt 2.
- Zu den Gutschriftsverfahren I und II s. Abschnitt 3 bzw. Anhang 16a.
- Zur Wahl der Sensitivitätsanalysen s. Abschnitt 4 bzw. Anhang 16b.
- Die Einzelwerte sind in Anhang 17d dokumentiert.

Lebenswegvergleiche

Der Saldo fällt zu Ungunsten von RME aus. Bilanz bestimmend sind die stofflichen Aufwendungen für die Landwirtschaft und hier insbesondere die Düngemittelproduktion. Ohne diese Emissionen – d. h. ohne Verwendung von Mineraldüngemitteln – würde sich das Vorzeichen umdrehen.

Sensitivitätsanalysen

In allen untersuchten Sensitivitätsanalysen fallen die Ergebnisse zu Ungunsten von RME bzw. Rapsöl aus. Für das Ergebnis quantitativ bestimmend ist auch hier die Düngemittelproduktion.

Bemerkung

In Emissionsortsklasse 1 ist der Saldo der Staubemissionen gleich Null.

• Aldehyde, Benzol und PAK

Entlang der betrachteten Lebenswege werden die Bilanzen der Aldehyde, von Benzol und der polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffe zum größten Teil durch die Nutzungsphase der Kraftstoffe bestimmt (s. Anhang 17d, hier nicht grafisch dargestellt).

Für **RME** finden sich keine Unterschiede in Ortsklasse 1, denn die Emissionen der Nutzung für die rapsbasierten Kraftstoffe und Dieselkraftstoff sind hier gleichgesetzt (s. Anhang 16e). Bezüglich Ortsklasse 2 ergibt sich ein uneinheitliches Bild: für Gutschriftsverfahren I und die auf diesem Gutschriftsverfahren basierenden Ertragsvariationen sind Vorteile bei den PAK (Leitsubstanz Benzo-a-pyren) und Benzol, für alle anderen Verfahren Nachteile festzustellen. Bei den Aldehyden (Leitsubstanz Formaldehyd) sind mit Ausnahme der Variation "Ertrag hoch" Nachteile zu verzeichnen.

Bei **Rapsöl** indessen, eingesetzt in Schleppern, finden sich Vorteile bei allen drei Bilanzparametern.

Chart 15

Gegenüberstellung: RME versus Dieselkraftstoff		
Wirkungskategorie		**Bemerkungen**
Mineralische Ressourcen	–	mit der Ausnahme "Steinsalz" bei Gutschrift von technischem Glyzerin
Energetische Ressourcen	+	in allen Fällen
Treibhauseffekt	+	Nachteil nur bei extremen N_2O-Emissionen
Stratosphär. Ozonabbau	–	in allen Fällen
Versauerungspotenzial	–	Vorteil allein im Gutschriftsverfahren I bei < 15 g NH_3 / kg Dünger-N (Standard: 40 g)
Eutrophierung	–	in allen Fällen
Fotosmog	0	Saldo < 10 % der Einzelkraftstoffe
Öko-/Humantoxizität:		
- NO_X	0	Saldo < 10 % der Einzelkraftstoffe
- SO_2	+	in allen Fällen
- NH_3	–	in allen Fällen
- Dieselpartikel (OK1)	0	Saldo gleich Null (s. Anhang 16e)
- Dieselpartikel (OK1+2)	0	Saldo < 10 % der Einzelkraftstoffe
- Staub	–	in allen Fällen
- Aldehyde (OK1)	0	Saldo gleich Null (s. Anhang 16e)
- Aldehyde (OK1+2)	–	außer "Ertrag hoch" und bei Rapsöl: +
- Benzol (OK1)	0	Saldo gleich Null (s. Anhang 16e)
- Benzol (OK1+2)	+/–	bei Rapsöl: +
- PAK (OK1)	0	Saldo gleich Null (s. Anhang 16e)
- PAK (OK1+2)	+/–	bei Rapsöl: +

+ : Ergebnisse zu Gunsten von Rapsmethylester (RME) bzw. Rapsöl
– : Ergebnisse zu Ungunsten von RME bzw. Rapsöl
0: Saldo gleich Null oder < 10 % gegenüber den Einzelkraftstoffen
OK1: Ortsklasse 1 (s. Abschnitt 5b)
OK1+2: Ortsklasse 1 und 2 (s. Abschnitt 5b)
PAK: Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe

15 Zusammenstellung der Ergebnisse – Ausblick

In den Wirkungskategorien Ressourcenverbrauch, Treibhauseffekt, Ozonabbau, Versauerungspotenzial, Eutrophierung und bei Teilbereichen der Human- und Ökotoxizität liefert die hier vorgenommene Berechnung qualitativ zum Teil sehr eindeutige Ergebnisse (s. Chart 15). Sie sind in vielen Fällen auch quantitativ sehr belastbar.

Im Folgenden wird auf die wichtigsten Ergebnisse, auf die Erkenntnisse aus den Sensitivitätsanalysen und auf noch offene Fragen eingegangen.

Einflussfaktoren auf die Endergebnisse: Neben einzelnen Emissionsfaktoren, hier insbesondere N_2O und NH_3, haben die unterschiedlichen Methoden zur Bewertung der Kuppelprodukte (unterschiedliche Gutschriftsverfahren, Gutschriften gegenüber Zurechnungsverfahren nach verschiedenen Kenngrößen) den größten Einfluss auf die Endergebnisse. Einen eher geringen Einfluss üben Parametervariationen wie etwa "Hoch- und Niedrigertrag" aus, die gegenüber dem Lebenswegvergleich I, auf dessen Basis sie errechnet wurden, quantitativ etwas höhere bzw. niedrigere Werte in immer der gleichen Art und Weise und oftmals nur mit wenigen Prozent Unterschied liefern. Ebenfalls von untergeordneter Bedeutung für das Endergebnis sind die drei unterschiedlichen Zurechnungsverfahren für die beiden Kuppelprodukte Sojaschrot und Sojaöl (s. Abschnitt 16b).

Gutschriftsverfahren: Die Auswirkungen der unterschiedlichen Bewertungen der Kuppelprodukte auf die Ergebnisse der Lebenswegvergleiche werden in besonderem Maß durch das gewählte Gutschriftsverfahren für Glyzerin bestimmt. Die Gutschrift für technisch produziertes Glyzerin (Gutschriftsverfahren I) führt für RME durchweg zu zum Teil deutlich besseren Resultaten als die Gutschrift für die Substitution von Heizöl (Gutschriftsverfahren II). Allerdings finden keine Vorzeichenwechsel statt. Die quantitativen Ergebnisse für das Gutschriftsverfahren I sind auch gegenüber den anderen Bewertungsverfahren für Glyzerin – und darüber hinaus unabhängig davon, ob für Rapsschrot ein Gutschrifts- oder Zurechnungsverfahren angewandt wird –, in den meisten Fällen günstiger. D. h., RME schneidet in der Regel dann am besten ab, wenn tatsächlich technisch produziertes Glyzerin substituiert wird. Die thermische Nutzung von Glyzerin (Gutschriftsverfahren II) ergibt im Allgemeinen Resultate, die im Bereich der Resultate der Allokationsverfahren liegen.

Zurechnungs- oder Allokationsverfahren: Alle Kombinationen von Zurechnungsverfahren für die Kuppelprodukte liefern bis auf eine Ausnahme ("Allok. min." für NMHC) ebenfalls gleiche qualitative Ergebnisse, d. h. entweder einen Vorteil oder einen Nachteil für RME. Die hierbei auftretenden quantitativen Unterschiede sind – gemessen an dem Unterschied zur Gutschriftsanrechnung bei technisch produziertem Glyzerin – von eher untergeordneter Bedeutung. Das gilt in gleichem Maß auch für alle Kombinationsmöglichkeiten "Gutschrift für Sojaschrot" und "Zurechnungsverfahren für Glyzerin".

Zusammengefasst heißt das,

- dass die unterschiedliche Bewertung der Kuppelprodukte (mit Ausnahme der Variation "Allok. min." für NMHC) zu keinem Vorzeichenwechsel führt, d. h., in praktisch allen Fällen fällt das Bilanzergebnis eindeutig aus: je nach betrachteter Wirkungskategorie entweder zu Gunsten oder zu Ungunsten von RME bzw. Rapsöl,

- dass die Annahme einer Substitution von technischem Glyzerin (Gutschriftsverfahren I) quantitativ deutlich die besten Ergebnisse für RME bzw. Rapsöl beim Vergleich dieser Kraftstoffe gegenüber Dieselkraftstoff liefert und diese unabhängig von der Rapsschrotbewertung recht stabil bleiben und
- dass die Einzelergebnisse bei den meisten der aufgeführten Wirkungskategorien – insbesondere unter qualitativen Gesichtspunkten – als äußerst stabil angesehen werden können. Es finden sich aber auch einzelne Parameter, bei denen die Ergebnisse insofern nicht äußerst belastbar sind, als sie mindestens eine Größenordnung kleiner ausfallen als die Werte für die einzelnen Kraftstoffe selbst.

Einfluss von Einzelfaktoren – N_2O: Eine der wichtigsten Einflussgrößen für das Gesamtergebnis ist Distickstoffoxid (N_2O). Dazu liefert diese Studie zusammengefasst folgende Ergebnisse:

- *Wirkungskategorie Ozonabbau* (Stratosphäre): Die N_2O-Bilanzen über die gesamten Lebenswegvergleiche hinweg fallen grundsätzlich zu Ungunsten von RME bzw. Rapsöl aus. Das gilt auch unter extremen Randbedingungen, die besonders zu Gunsten von Raps gewählt wurden, wie beispielsweise unter der Annahme, dass beim Anbau von Raps weder direkte noch indirekte N_2O-Emissionen entstehen.
- *Wirkungskategorie Treibhauseffekt*: Die für RME äußerst günstigen CO_2-Bilanzen werden durch die immer gegenläufigen N_2O-Bilanzen nicht vollständig kompensiert, d. h. es verbleibt ein positiver Nettoklimaeffekt zu Gunsten von RME bzw. Rapsöl. Das gilt selbst unter für Raps sehr ungünstig gewählten Randbedingungen. Dies sind etwa ein N_2O-Emissionsfaktor der oberen Bandbreite für die Verwendung von stickstoffhaltigen Düngemitteln, die gleichzeitige Berücksichtigung der indirekten N_2O-Bildungen durch NO_X und Ammoniak sowie die gleichzeitige Berücksichtigung von mittleren Werten für Denitrifikationsprozesse an aus dem Ackerboden ausgewaschenen Stickstoffverbindungen. Hierbei ist zusätzlich anzumerken, dass die N_2O-Bildung aus NO_X und Ammoniak bei den hier betrachteten Lebenswegvergleichen praktisch keinen Einfluss auf die Ergebnisse ausübt.

  Lediglich eine Extremabschätzung, nämlich das Zugrundelegen des *oberen* Bandbreitenfaktors für N_2O bei solchen Denitrifikationsprozessen, führt zu einem Vorzeichenwechsel und somit zu einem negativen Nettoklimaeffekt für RME. Der break-even-point bei dieser Extremabschätzung liegt zwischen dem mittleren und dem Maximalwert.

Einfluss von Einzelfaktoren – NH_3: Die Ammoniakemissionen bei der Verwendung von stickstoffhaltigen Düngemitteln tragen signifikant zu den Ammoniakbilanzen sowie den Bilanzen des Versauerungspotenzials bei, haben jedoch als Vorläufersubstanz zur Bildung von N_2O keine mengenmäßige Bedeutung. Die durchgeführten Sensitivitätsanalysen zeigen, dass selbst unter Extremabschätzungen zu Gunsten von Raps (überhaupt keine NH_3-Emissionen aus der Landwirtschaft) die NH_3-Bilanzen immer zu Ungunsten von RME bzw. Rapsöl ausfallen. In der Wirkungskategorie "Versauerungspotenzial" findet mit dieser Annahme ein Vorzeichenwechsel statt. Der break-even-point liegt hier bei deutlich unter der Hälfte des üblicherweise verwendeten Emissionsfaktors.

Vergleich dieser Studie mit der Ökobilanz Rapsöl (1993): Die wissenschaftliche Diskussion der letzten Jahre hat gezeigt, dass die für die frühere "Ökobilanz Rapsöl"

gewählte Methodik auch heute noch uneingeschränkt Gültigkeit hat. Die damals gewählte Vorgehensweise wie die Äquivalenzprozessbilanzierung und das damit verbundene Verfahren der Gutschriftsanrechnung von Äquivalenzprodukten oder auch die notwendige Einbeziehung von Referenzsystemen werden mittlerweile standardmäßig bei entsprechenden Bilanzen in Deutschland und auch im internationalen Bereich angewandt.

Dennoch geht diese Studie in mehrfacher Hinsicht über die alte Vorlage hinaus. Neben einer grundlegenden Aktualisierung bisheriger Basisdaten werden weitere Emissionen berücksichtigt und quantifiziert. Alle Emissionen werden nach Ortsklassen differenziert betrachtet. Mineralische Ressourcen werden als eigene Kategorie hinzu genommen. Die möglichen Äquivalenzprodukte Sojaschrot und Glyzerin werden neu berechnet.

Ein Vergleich zwischen den Ergebnissen dieser Studie und der "Ökobilanz Rapsöl" kann nur für "Energie" und "CO_2" durchgeführt werden – die beiden einzigen Parameter, die auch in der früheren Studie über die gesamten Lebenswegvergleiche hinweg bilanziert wurden. Aus heutiger Sicht sind danach die Energieeinsparungen durch RME höher als zuvor berechnet, insbesondere aufgrund genauerer Berechnungen für die Gutschrift des bei der RME-Produktion zusätzlich anfallenden Glyzerins. In gleichem Maße stellen sich die Kohlendioxidemissionen im Vergleich günstiger dar.

Ausblick

Die hier erstellten Bilanzen führen überwiegend zu qualitativ eindeutigen und darüber hinaus in den meisten Fällen zu quantitativ hoch belastbaren Ergebnissen für die betrachteten Luftschadstoffe und die Ressourcen. Dabei fallen die Bilanzen für einige Wirkungskategorien klar zu Gunsten von RME und Rapsöl, andere wiederum klar zu Ungunsten der beiden Biokraftstoffe aus. Allerdings bedarf es weiterer und außerhalb dieser Studie angesiedelter Arbeiten, um abzuschätzen,

- inwieweit diese unterschiedlichen Parameter mit ökologischen Wirkungen versehen sind,
- inwieweit diese Wirkungen dann auch von ökologischer Bedeutung sind,
- und wie dann letztlich die Unterschiede der Parameter zu gewichten und damit zu bewerten sind.

Bemerkung zur Aktualisierung 1999

Mittlerweile - also zwischen dem Erstellen der Erstfassung dieses Gutachtens im April 1997 und seiner Teilaktualisierung im März 1999 - sind zu den im Ausblick angeführten Fragestellungen erste Arbeiten erschienen, auf die hier nachrichtlich verwiesen wird: /REINHARDT 1998a/, /REINHARDT & ZEMANEK 1998/ und /REINHARDT & ZEMANEK 1999/.

ANHANG

Nicht das, was wir beginnen, zählt,
sondern das, was wir fertigbringen.

EMIL OESCH

16 a Gutschriftsverfahren

In dem vorliegenden Gutachten werden Kuppelprodukte – quasi als Basisvariante – durch Äquivalenzprozessbilanzierungen erfasst (s. Abschnitt 3). Diesem Verfahren liegt zu Grunde, dass dem Hauptprodukt für alle Kuppelprodukte *Gutschriften* angerechnet werden, da die Kuppelprodukte gleiche oder gleichwertige Produkte anderer Produktionslinien und damit auch die Energieverbräuche und Emissionen zu deren Produktion substituieren.

Im Zusammenhang dieser Studie sind insbesondere Rapsextraktionsschrot bzw. Rapskuchen und Glyzerin als Kuppelprodukte von Bedeutung (s. Chart 3). Während Rapsextraktionsschrot derzeit in der Tiermast eingesetzt wird und damit Sojaschrot substituiert, ist die Situation beim Glyzerin nicht eindeutig: Es ist bislang weder belegbar noch zuverlässig abschätzbar, in welchen Bereichen heute bzw. in Zukunft Glyzerin aus der RME-Produktion eingesetzt (werden) wird. Das gilt erst recht bei einem zukünftig möglicherweise verstärkten RME-Einsatz und damit erhöhten Glyzerinmengen. Demnach kann nach heutigem Wissensstand kein bestimmter Äquivalenzprozess zur Produktion von RME-Glyzerin eindeutig abgeleitet werden.

Grundsätzlich kommen jedoch – bei Ausschluss der Möglichkeit, Glyzerin als Abfallprodukt zu behandeln (!) – mehrere Optionen infrage:

- **Substitution herkömmlichen Glyzerins:** Als "herkömmlich" wird hier das Glyzerin aus den Prozessen bezeichnet, die die bestehende Marktnachfrage decken. Konkret kommt hier als Äquivalenzprodukt insbesondere synthetisches Glyzerin infrage, da dieses petrochemisch als Zielprodukt, und damit nicht im "Verbundnetz mehrerer Kuppelprodukte" hergestellt wird. Als Äquivalenzprodukt ungeeignet ist dagegen Glyzerin aus anderen biogenen Quellen (Beispiel: Tensidproduktion aus Pflanzenölen), da dieses – analog zum RME-Glyzerin – exakt in dem Maß als "Nebenprodukt" anfällt, in dem das "Hauptprodukt" (Beispiel: biogene Tenside) hergestellt wird.

- **Substitution äquivalenter chemischer Substanzen**: Glyzerin ist relativ vielseitig verwendbar. Zusätzlich produziertes, insbesonders technisch reines RME-Glyzerin kann damit grundsätzlich auch bestimmte andere biogene oder synthetische organische Substanzen sowohl als Endprodukt als auch als Ausgangsbasis zur Produktion weiterer Chemikalien für die Schuhsohlenfabrikation, in der Kosmetikindustrie etc. substituieren.
- **Einsatz in neuen Produktpaletten**: Prinzipiell kommt auch der Einsatz von RME-Glyzerin in neuen Produkten bzw. anderen Einsatzfeldern infrage.
- **Substitution von Heizöl**: Grundsätzlich kann Glyzerin auch als Brennstoff genutzt werden um damit z. B. leichtes Heizöl zu substituieren. Dies ist allerdings die unwahrscheinlichste Einsatzform von RME-Glyzerin, weil damit die vermutlich geringste Wertschöpfung verbunden ist.

Aus heutiger Sicht lassen sich die beiden Optionen "Substitution äquivalenter chemischer Substanzen" und "Einsatz in neuen Produktpaletten" nicht bzw. nur unter einer Vielzahl von Annahmen und unter erheblichem zusätzlichem Bilanzierungsaufwand analysieren. Die Option "Einsatz in neuen Produktpaletten" ist darüber hinaus auch mit erheblichen methodischen Problemen verbunden. Die Option "Substitution technischen Glyzerins" scheint uns bei in Zukunft (möglicherweise) deutlich ausgeweiteter RME-Produktion und einem damit verbundenen Preisrückgang von RME-Glyzerin durchaus realistisch – dann natürlich nur für die Menge, die durch RME-Glyzerin real substituiert wird bzw. für maximal die heute technisch produzierte Glyzerinmenge.

Die Nutzung von Glyzerin als Brennstoff halten wir für die nahe Zukunft für unrealistisch, da sich Glyzerin als hochwertige Chemikalie in vielen Bereichen stofflich einsetzen lässt und dort in Zukunft wohl höhere Preise als Heizöl auf dem Brennstoffmarkt erzielen wird. Andererseits markiert diese Option jedoch den unteren Bereich möglicher Gutschriften und ist aus diesem Grunde geeignet, den Einfluss unterschiedlicher Gutschriftsverfahren auf das Endergebnis abzuschätzen. Deshalb werden in dieser Studie die folgenden beiden Äquivalenzprozesse in Gutschriftsverfahren betrachtet:

- **Glyzerin synthetisch** (Gutschriftsverfahren I bzw. Lebenswegvergleich I): Substitution technisch produzierten Glyzerins durch RME-Glyzerin; gutgeschrieben werden die Aufwendungen und Emissionen für die gleiche Menge technisch produzierten Glyzerins
- **Glyzerin thermisch** (Gutschriftsverfahren II bzw. Lebenswegvergleich II): Substitution von leichtem Heizöl durch RME-Glyzerin als Brennstoff; gutgeschrieben werden die Aufwendungen und Emissionen für Produktion und Verbrennung von leichtem Heizöl auf der Basis gleichen Energieinhalts. Dies kann größenordnungsmäßig als Minimalgutschrift angesehen werden.

16 b Allokationsverfahren: Basisdaten und Teilergebnisse

Entsprechend den Ausführungen in Teil 1 wird standardmäßig die Äquivalenzprozessbilanzierung (Gutschriftsverfahren) angewandt, da hiermit die Realität am besten abgebildet wird. Um den Einfluss anderer Bilanzierungsansätze auf das Endergebnis festzustellen, werden diverse Allokationsmöglichkeiten (Zurechnungsverfahren) untersucht. Betroffen hiervon sind folgende Kuppelproduktionen:

Rapsöl und Rapsextraktionsschrot	bei der Rapsölgewinnung (zentral)
Sojaöl und Sojaextraktionsschrot	bei der Sojaschrotgewinnung
RME und Glyzerin	bei der RME-Gewinnung

Die entsprechenden Allokationsanteile der jeweiligen Kuppelprodukte sind für die drei üblichen Bezugsgrößen Heizwert, Preis und Masse in **Tab. 1** wiedergegeben.

Tab. 1: Allokationsanteile für ausgewählte Kuppelprodukte

	Rapsöl / Rapsschrot	Sojaschrot / Sojaöl	RME / Glyzerin
Masse	39,7 : 60,3	81,2 : 18,8	89,4 : 10,6
Heizwert	59,6 : 40,4	65,6 : 34,4	96,0 : 4,0
Preis	70,0 : 30,0	65,0 : 35,0	79,2 : 20,8

Quelle: /OIL WORLD 1996/, /KALTSCHMITT & REINHARDT 1997/, eigene Berechnungen

Für diese Arbeit werden alle denkbaren Kombinationen der Allokationen untereinander sowie Allokationsverfahren kombiniert mit Gutschriftsverfahren bilanziert, um die gesamte Bandbreite möglicher Ergebnisunterschiede festzustellen. Es ergaben sich durch direkte Interpretation der in Tab. 1 angegebenen Zahlen sowie mittels der Ergebnisse der Berechnungen bzw. Sensitivitätsanalysen folgende Zusammenhänge:

- Die Gutschrift aus der landwirtschaftlichen Produktion von Sojaschrot trägt für keinen Parameter entscheidend zum Endergebnis bei. Daher führen die unterschiedlichen **Allokationsverfahren bei Sojaschrot** nur zu marginalen quantitativen Ergebnisänderungen und brauchen hier nicht weiter diskutiert werden.
- Die gesamte Bandbreite möglicher Ergebnisunterschiede **durch gleichzeitige Anwendung von Allokationsverfahren bei Rapsöl und RME** ergibt sich zwangsläufig durch die Minimal- bzw. Maximalkombinationen (min.: Schrot/Öl nach Masse, RME/Glyzerin nach Preis; max.: Schrot/Öl nach Preis, RME/Glyzerin nach Heizwert). D. h., alle anderen Kombinationen reiner Allokationsverfahren liegen zwischen diesen. Aus diesem Grund wurden diese beiden Variationen als "Allokation min." und "Allokation max." in den Ergebniszusammenstellungen aufgenommen.
- Die **Kombination von Gutschrifts- mit Allokationsverfahren** ergab für die betrachteten Parameter ein jeweils unterschiedliches Bild, wenngleich sich hier zwei Klassierungen herauskristallisierten: Entweder finden sich die entsprechenden Ergebnisse innerhalb der Minimum-Maximum-Bandbreite der Allokationskombinationen (mit Häufigkeitsverdichtungen im oberen Bereich) oder sie liegen direkt bei dem jeweiligen Ergebnis des Lebenswegvergleichs I (und hier nahezu durchgängig leicht darunter). Insofern verzichten wir bei der Ergebnisdiskussion auf eine grafische Darstellung und erwähnen, welcher Gruppe diese Kombinationen jeweils für die betrachtete Wirkungskategorie zuzuordnen sind.

16 c Basisdaten für die Berechnung der NH_3-Emissionen

Die entlang der betrachteten Lebenswege auftretenden Ammoniakemissionen resultieren zu über 95 % aus den beiden Lebenswegabschnitten "Düngemittelproduktion" und "Düngemittelverwendung". Während für die Düngemittelproduktion (s. /PATYK & REINHARDT 1997/) die Emissionsfaktoren bezogen auf die qualitativen Ergebnisse als äußerst stabil angesehen werden können, sind die Angaben für die Düngemittelverwendung deutlich unsicherer. Das ist insofern kritisch, als sie sich auf das Versauerungspotenzial, zu dem Ammoniak beiträgt, Ergebnis bestimmend (Vorzeichen bestimmend) auswirken.

Aus der Literatur geht hervor, dass die mit der Verwendung von Stickstoffdüngemitteln verbundenen Ammoniakemissionen mit dem Stickstoffgehalt der Düngemittel einigermaßen in Korrelation gebracht werden können (Schwankungsbreite innerhalb einzelner Düngemittelarten ca. Faktor 10), wobei als **Durchschnittswert etwa 40 g NH_3 pro kg Düngemittel-Stickstoff** angegeben werden (s. z. B. /ECETOC 1994/, Diskussion in /SCHARMER ET AL. 1996/). Laut /STROGIES 1997/ kann dieser Wert aus heutiger Sicht als Durchschnittswert durchaus angesetzt werden. Wir übernehmen ihn für die Lebenswegvergleiche.

Um den gesamten Einfluss dieses Parameters auf das Versauerungspotenzial (die Ammoniakbilanzen sind hiervon qualitativ nicht betroffen, s. Ergebnisteil) darzustellen, setzen wir im Rahmen einer Sensitivitätsanalyse **"SO_2-Äquivalente (NH_3-Feld = 0)"** die NH_3-Emissionen aus der Verwendung von Düngemitteln gleich Null. Damit erhalten wir eine Extremabschätzung.

16 d Basisdaten für die Berechnung der N_2O-Emissionen

Den Emissionen an Distickstoffoxid (N_2O) kommt eine äußerst wichtige ökologische Rolle zu, da sie zum einen in hohem Maß den Treibhauseffekt verstärken und zum zweiten die Ozonschicht in der Stratosphäre abbauen. Entlang der betrachteten Lebenswege treten N_2O-Emissionen bei nahezu allen technischen Prozessen auf, aber auch bedingt durch mikrobielle Aktivitäten. Während die Emissionsfaktoren für die betrachteten technischen Prozesse zumindest annäherungsweise belastbar sind, gibt es bei den biologischen Faktoren noch große Unsicherheiten. Dies betrifft insbesondere folgende Prozesse:

- direkte Emission aus dem Feld durch Verwendung stickstoffhaltiger Mineraldünger
- indirekte Emission durch Denitrifikationsprozesse insbesondere in Gewässern durch ausgetragene Stickstoffverbindungen, die Düngemitteln entstammen
- indirekte Emission durch Nitrifikation bzw. Denitrifikation von NH_3 bzw. NO_X

Für die genannten Prozesse werden von /IPCC 1995/ mittlere Emissionsfaktoren mit Streubreiten im Sinn von Minimal- und Maximalwerten angegeben (s. **Tab. 2**). Die ursprünglich von /BOUWMAN 1995/ abgeleiteten Werte entsprechen dem derzeitigen Wissensstand (/IPCC 1997/, /BMU 1997/). Die Bandbreite markiert, dass die Emissionen deutlich unterschiedlich sein können, je nach betrachteter Kultur, betrachtetem Boden, Klimaverhältnissen, lokalen Verhältnissen et cetera. Bezüglich der direkten N_2O-Emissionen beim Anbau von Raps liegen mittlerweile erste Messergebnisse vor (siehe z. B. /SCHARMER ET AL. 1996/ und /HEINEMEYER ET AL. 1998/). Repräsentative mittlere Werte ohne oder mit Bandbreite existieren derzeit jedoch noch nicht. Andererseits liegen die für Raps ermittelten Werte nicht oberhalb der vom IPCC angegebenen Bandbreite, was für die Sensitivitätsanalysen von großer Bedeutung ist. Analoges gilt auch für den Sojaanbau (Gutschrift für Raps). Hier existieren ebenfalls einige Einzelmessungen (/BOUWMAN 1995/), diese sind jedoch nicht korreliert mit den tatsächlich ausgebrachten Düngermengen (falls überhaupt gedüngt wurde). Der bezüglich Soja bei /SCHARMER ET AL. 1996/ gewählte Bilanzierungsansatz (100%iges Anrechnen der N_2O-Emissionen) kann hier aus methodischen Gründen (Referenzsystem) nicht (bzw. ansonsten nur unter anderer Fragestellung) zur Anwendung kommen.

Tab. 2: Weitere Emissionsfaktoren für N_2O-Emissionen

	mittlerer Emissionsfaktor	**Bandbreite**
direktes N_2O aus Boden (Düngemittel) (in kg N_2O-N / kg Dünger-N)	0,0125	0,0025 – 0,0225
indirektes N_2O aus NO_X bzw. NH_3 (in kg N_2O-N / kg NH_3-N bzw. NO_X-N)	0,01	0,002 – 0,02
indirektes N_2O aus Wasser (in kg N_2O-N / kg N-ausgewaschen)	0,0075	0,0006 – 0,04

Quelle: /IPCC 1995/

Hinsichtlich der indirekten Emissionen ist anzufügen, dass hier noch deutlich größere Unsicherheiten existieren, als bei den direkten Emissionen. Aus diesem Grunde ist es zwingend notwendig, Sensitivitätsabschätzungen mit zum Teil Extremannahmen durchzuführen, um alle möglicherweise vorhandenen Einflüsse dieser Parameter auf die Ergebnisse herauszufinden. Im Rahmen dieser Arbeit wurden eine Vielzahl solcher Analysen durchgeführt, von denen solche, die zu erkennbarem Erkenntnisgewinn führten, dokumentiert sind:

- **Lebenswegvergleiche:**
  - Raps- und Sojaanbau: ausschließlich direkte Emissionen: 0,0125 kg N_2O-N pro kg Dünger-N
- **N_2O min.:** Diese Abschätzung dient dazu, eine gewisse Minimalabschätzung zu Gunsten von Raps (allerdings nicht als Extremabschätzung) zu erhalten. Dabei wurden die rapsbedingten Emissionen zu Null gesetzt, die sojabedingten verschärft (mit der Folge einer höheren Gutschrift).
  - Rapsanbau: direkte und indirekte Emissionen: 0
  - Sojaanbau: direkte Emissionen: 0,0125 kg N_2O-N pro kg Dünger-N + 0,65 kg N_2O-N pro ha (diese Studie), indirekte Emissionen = 0
- **N_2O max.:** Diese Abschätzung dient dazu, eine gewisse Maximalabschätzung zu Ungunsten von Raps (allerdings nicht als Extremabschätzung) zu erhalten. Dabei wurden die sojabedingten Emissionen zu Null gesetzt (d. h. keine Gutschrift) und die rapsbedingten verschärft.
  - Rapsanbau: direkte Emissionen: 0,0225 kg N_2O-N pro kg Dünger-N
indirekte Emissionen: 0,0075 kg N_2O-N pro kg Dünger-N
indirekte Emissionen: 0,01 kg N_2O-N pro kg NH_3-N und NO_X-N
(gerechnet für den Gesamtsaldo des Lebenswegvergleichs)
  - Sojaanbau: direkte und indirekte Emissionen: 0
- **N_2O extrem:** Diese Abschätzung dient einer Extremabschätzung zu Ungunsten von Raps, um die gesamte theoretisch mögliche Bandbreite abzubilden (eine entsprechende Extremabschätzung zu Gunsten von Raps ist nicht notwendig, s. Ergebnisdiskussion).
  - Rapsanbau: wie "N_2O max.", jedoch 0,04 statt 0,0075 kg N_2O-N pro kg Dünger-N
  - Sojaanbau: direkte und indirekte Emissionen: 0

16 e Emissionen bei der Nutzung der Kraftstoffe

Die Emissionen bei der Nutzung von Rapsöl bzw. RME sowie Dieselkraftstoff hängen in besonderem Maße davon ab, in welchen Fahrzeugen/Motoren die Kraftstoffe verwendet werden. Während RME sowohl in Pkw als auch in Nutzfahrzeugen bereits genutzt wird, käme für Rapsöl insbesondere ein Einsatz in Schleppern mit großvolumigen Vorkammermotoren infrage, wenn man einmal von speziell auf Pflanzenöle ausgelegten Motoren absieht (s. hierzu /BORKEN ET AL. 1999/). Im Folgenden werden die Emissionsunterschiede des Betriebs mit Dieselkraftstoff bzw. Biokraftstoff für diese Konzepte diskutiert mit besonderem Augenmerk auf die dieser Studie zu Grunde liegenden Systemgrenzen: Fahrzeuge moderner Bauart, d. h. mindestens EURO 2-Standard, unter Berücksichtigung weitergehender Abgasgesetzgebung.

RME / DK im Pkw: Es gibt nur sehr wenige veröffentlichte Arbeiten, die sich auf moderne Diesel-Pkw-Motoren beziehen. Zumeist wird auf Messungen an einem VW Vento (Wirbelkammer, Turboladung) verwiesen, wofür /DECKER ET AL. 1997/ sowie /MAY ET AL. 1997/ Messwerte veröffentlicht haben. Danach ergibt sich als Effekt gegenüber dem mit Dieselkraftstoff betriebenen Fahrzeug:

NO_X:	+ 10 %	HC:	- 20 %	CO:	- 10 %
Partikel	- 50 %	Aldehyde:	+10 %		

Zudem wurden in /MAY ET AL. 1997/ Messdaten für einen Audi 80 TDI (Direkteinspritzer, Turboladung) publiziert. Diese zeigen insbesondere für die Partikel ein vom Vento abweichendes Bild: Im FTP 75-Testzyklus gehen im RME-Betrieb mit Oxidationskatalysator alle oben genannten Emissionen gegenüber dem Dieselbetrieb (mit und ohne Oxikat) geringfügig zurück – auch die Stickoxidemissionen. Im Neuen Europäischen Fahrzyklus (NEFZ) sind jedoch alle oben genannten Emissionen in etwa gleich hoch.

Der Audi-Motor ist in seinem technischen Konzept und auch der absoluten Höhe seiner Emissionen aktueller als der Vento-Motor. Daher würde er die zukünftige Dieselflotte besser abbilden als jener, ein Partikelvorteil bei RME-Betrieb bestünde danach nicht.

/VW 1998/ zufolge liegen die Unterschiede beim RME-Betrieb gegenüber der Verwendung von Dieselkraftstoff für die VW-Pkw in etwa bei den oben aufgelisteten Werten. Allerdings wird hingewiesen, dass dies nicht zwingend übertragbar ist auf die Flotte anderer Pkw-Hersteller. Ebenfalls ohne die für eine belastbare Validierung und Bewertung notwendigen Einzelangaben zeigte sich bei /ZILMANS 1998/ ein gegenläufiges Verhalten bei CO bei den beiden vermessenen Fahrzeugen, während bei den Partikeln und NO_X die Änderungen in etwa der oben angegebenen Marge entsprachen.

Leider beziehen sich die vorgestellten Daten nur auf einzelne Fahrzeuge. Weitere Daten werden offiziell nicht freigegeben bzw. liegen zum Teil – gerade mit Blick auf die Abgasnormen EURO 3 und 4 – noch nicht vor. Früher publizierte Messergebnisse können für unsere Fragestellung nicht verwendet werden, da die damals vermessenen Motoren und Fahrzeuge bei weitem nicht dem heute anzutreffenden technischen und Emissionsstandard von Neufahrzeugen entsprechen. Somit fehlen repräsentative und publizierte Messergebnisse, die dann auch die Kraftstoffspezifikationen enthalten müssten, ebenso Angaben zu Fahrzeugalter, Laufleistung von Motor und Zustand des Katalysators.

Bis zur Vorlage solcher Daten muss davon ausgegangen werden, dass es zwar bestimmte Motorentypen, bestimmte Einsatzspektren und auch Kraftstoffqualitäten innerhalb des vorgegebenen DIN-Rahmens gibt, in denen durchaus unterschiedlich hohe Emissionen beim Vergleich von Dieselkraftstoff- zu RME/Oxikat-Nutzung gemessen werden, dass diese jedoch nicht durchgängig und über die Laufzeit konstant sein müssen. Deshalb werden hier die oben genannten Emissionen der Pkw für den Dieselkraftstoff- und RME-Betrieb als gleich hoch angesetzt, wobei dem jeweiligen Betrieb eine gleiche heizwertbezogene Motoreffizienz zu Grunde gelegt wird.

Für diese Gleichsetzung sprechen zwei weitere Argumente: Zukünftige Dieselkraftstoffe werden wegen starker Reduktionen im Schwefel- und Polyaromatengehalt vergleichsweise geringere Kohlenwasserstoff- und Partikelemissionen verursachen und somit einen etwaigen Unterschied zu RME nivellieren. Zudem sinkt das Emissionsniveau infolge der beschlossenen Gesetzgebung weiter ab, so dass ein möglicher Diesel-RME-Unterschied weiter an Bedeutung verliert.

Unbenommen von dieser Gleichsetzung bleibt natürlich, dass bei anderen Fragestellungen durchaus auch andere Emissionsfaktorensätze – so etwa der oben zitierte – angesetzt werden können.

RME / DK in Nutzfahrzeugen: Frühere Messungen an Nutzfahrzeugmotoren mit Direkteinspritzung zeigten nach /TSCHÖKE 1997/ eine sehr hohe Schwankungsbreite der Unterschiede der Partikelemissionen zwischen Dieselkraftstoff- und RME-Nutzung. Die RME/Dieselkraftstoff-Relation reichte von 60 % (also einem Emissionsvorteil von RME von 40 %) bis zu 380 %.

Neuere Messungen an Fahrzeugen mit unterschiedlichen Motoren und Alter /SAMS & TIEBER 1997, MAY ET AL. 1997, HEINRICH 1997/ zeigen in der Regel eine Partikelminderung bei RME-Betrieb mit Oxidations-Katalysator gegenüber dem Dieselbetrieb ohne Katalysator. Allerdings wird der Unterschied umso geringer, je stationärer der Motor betrieben wird, je schwefelärmer und damit sulfatemissionsärmer der im Vergleich hinzugezogene Dieselkraftstoff ist, je weniger optimal die Qualität des verwendeten RME und je höher die Laufleistung und damit tendenziell geringer die Umwandlungsrate des Katalysators ist.

Vergleichsmessungen an zwei modernen Motorenbaureihen (Mercedes-Benz BR 300 und BR 400, Direkteinspritzer, die im Dieselbetrieb die Abgasnorm EURO 2 erfüllen) zeigten Minderemissionen bei CO, HC und Partikel (81 %, 54 % bzw. 76 %) sowie eine ca. 13%ige Mehremission bei den NO_X (/SCHÄFER ET AL. 1998/). Nach /SCHÄFER 1998/ können die angegebenen Emissionsdaten für die derzeit mit RME betriebenen Mercedes-Lkw angesetzt werden – auch hier versehen mit dem Hinweis, dass dies nicht auf die Fahrzeugflotte anderer Hersteller übertragbar ist. Von diesen liegen uns jedoch keine entsprechenden Daten in veröffentlichter Form vor.

Auf der Basis dieser Sachverhalte muss – analog zur Diskussion beim Pkw - auch hier eine grundsätzliche Gleichrangigkeit der Emissionen zumindest beim allgemeinen Systemvergleich angenommen werden. Dies gilt für alle betrachteten Emissionen außer den inventarabhängigen (CO_2, SO_2 und HCl). Dieser Ansatz entspricht zudem der Aussage von Mercedes-Benz in seiner "Service-Information": "Die Emissionen gemäß ECE R-49 (13-Stufentest) sind denen bei Dieselkraftstoffbetrieb ähnlich" (/HEINRICH 1997/). Wie bei den Pkw wird diese Gleichsetzung dadurch gestützt, dass die ab Ende

1999 verfügbaren (und in den Folgejahren weiter) verbesserten Dieselkraftstoffe verwendet werden und dass durch die zukünftige Gesetzgebung das Emissionsniveau weiter abgesenkt werden wird und dadurch etwaige relative Unterschiede absolut an Bedeutung verlieren werden. Denn zur Erfüllung der zukünftigen Gesetzgebung werden nach heutigem Wissen Abgasbehandlungstechniken (vor allem Partikelfilter und Denox-Systeme) eingesetzt, die hohe Minderungsraten aufweisen (siehe dazu z. B. auch /MAURER 1998/, /KAHLERT 1998/), was mögliche Unterschiede dann auf ein nur noch marginales Maß reduzieren dürfte.

Auch hier wollen wir darauf hinweisen, dass bei anderen Fragestellungen durchaus auch andere Emissionssätze - so etwa der oben zitierte – angesetzt werden können.

Rapsöl / DK in Schleppern: Entsprechend den Ableitungen in /BORKEN ET AL. 1999/ werden hier für den Einsatz von Rapsöl bzw. Dieselkraftstoff in großvolumigen Vorkammermotoren heizwertbezogen gleiche Emissionsniveaus angesetzt (ausgenommen hiervon sind die inventarabhängigen Emissionen CO_2, SO_2 und HCl).

16 f Basisdaten für die Sensitivitätsanalysen

Variante	Basisdaten / Bemerkungen
Allokation min.	Die Aufwendungen aller Prozessschritte von Anbau bis einschließlich Ölabpressen werden zwischen Rapsöl und Rapsschrot gemäß ihrem Massenanteil aufgeteilt. Dem Ergebnis werden die Aufwendungen für die folgenden Prozesse bis zur Umesterung zugerechnet. Diese Summe wird zwischen RME und Glyzerin gemäß ihrem preislichen Verhältnis aufgeteilt (s. Anhang 16b).
Allokation max.	Wie oben, Aufteilungen allerdings zuerst nach Preis und dann nach Heizwert (s. Anhang 16b)
N_2O min. bzw. max.	Variation der düngemittelinduzierten Stickstoffemissionen (s. Anhang 16d)
Ertrag niedrig	Gegenüber den Lebenswegvergleichen niedrigerer Ertrag (2,5 t Korn pro ha) und damit erniedrigte Düngung (121,4 kg N, 45 kg P_2O_5, 25 kg K_2O, 16 kg CaO jeweils pro ha)
Ertrag hoch	Gegenüber den Lebenswegvergleichen höherer Ertrag (3,7 t Korn pro ha) und damit erhöhte Düngung (177,4 kg N, 67 kg P_2O_5, 37 kg K_2O, 23 kg CaO jeweils pro ha)
Rapsöl	Anbau bis Trocknung wie Lebenswegvergleiche, keine Anlieferung. Dezentrales Ölabpressen (pro t Korn): 332 kg Rapsöl, 42 kWh Strom, Proteingehalt Rapskuchen 37,5 % (/REINHARDT 1993/).

Quelle: /KALTSCHMITT & REINHARDT 1997/, wenn nicht anders vermerkt.

17 a Ergebnisse: Lebenswegvergleich I (Glyzerin synthetisch)

Teil 1: Energie und global wirksame Emissionen

Bezug: 1 kg DK bzw. DKÄ

Lebenswegabschnitt	Erschöpfliche Energien MJ	CO_2-Äquival. g	CO_2 (fossil) g	CH_4 g	N_2O g
Landwirtschaft					
Eggen	0,86	66	63,7	0,012	0,006
Pflügen	0,66	50	48,5	0,009	0,005
Ausbringung	0,33	25	24,5	0,005	0,002
Ernte	0,67	51	49,3	0,010	0,005
Saatgut	0,01	2	0,7	0,001	0,005
N-Dünger	7,19	1124	414,8	1,095	2,214
P-Dünger	0,95	64	60,9	0,113	0,002
K-Dünger	0,31	20	18,7	0,042	0,001
Ca-Dünger	0,04	6	5,5	0,005	0,000
PSM	0,33	15	13,9	0,031	0,002
Emissionen Feld	0,00	896	0,0	0,000	2,889
Zwischensumme	11,36	2319	700,5	1,325	5,132
Konversion					
Zwischenlagerung	1,36	98	95,8	0,093	0,002
Anlieferung	0,42	32	30,4	0,013	0,003
Ölmühle	3,05	181	173,4	0,297	0,005
Hexan	0,16	2	1,6	0,002	0,000
Raffination	0,54	31	29,9	0,049	0,001
Bleicherde	0,02	1	1,4	0,000	0,000
Phosphorsäure	0,01	1	0,9	0,001	0,000
Umesterung	2,44	143	137,5	0,227	0,004
Methanol	4,81	352	347,6	0,172	0,002
Natronlauge	0,12	8	7,6	0,016	0,000
Glyzerin Aufbereitung	0,24	14	13,2	0,021	0,000
Zwischensumme	13,17	864	839,3	0,891	0,018
Nutzung RME					
Transport	0,22	17	16,0	0,003	0,002
Nutzung	0,00	216	0,0	0,043	0,695
Zwischensumme	0,22	233	16,0	0,046	0,697
Gutschriften RME					
Referenzlandbau	-0,83	-67	-60,6	-0,018	-0,019
Sojaschrot LW	-4,46	-318	-279,8	-0,321	-0,101
Sojaschrot Transport	-2,03	-162	-157,1	-0,028	-0,015
Glyzerin Energieinput	-10,30	-758	-741,6	-0,467	-0,020
Chlor	-4,01	-275	-260,5	-0,547	-0,011
Natronlauge	-2,68	-184	-174,0	-0,365	-0,008
Propylen	-7,03	-188	-181,1	-0,249	-0,005
Zwischensumme	-31,34	-1952	-1854,9	-1,996	-0,179
Dieselkraftstoff					
Bereitstellung	4,82	374	358,3	0,599	0,012
Nutzung Diesel	42,96	3392	3175,3	0,043	0,695
Zwischensumme	47,78	3766	3533,6	0,642	0,707
RME minus DK	-54,37	-2303	-3832,8	-0,376	4,961

17 b Ergebnisse: Lebenswegvergleich I (Glyzerin synthetisch)

Teil 2: Emissionen I

Bezug: 1 kg DK bzw. DKÄ

Lebenswegabschnitt	SO_2-Äqui. OK I+II g	SO_2 OK I+II g	SO_2 gesamt g	NO_x OK I+II g	NO_x gesamt g
Landwirtschaft					
Eggen	0,488	0,041	0,045	0,638	0,641
Pflügen	0,372	0,031	0,034	0,486	0,488
Ausbringung	0,200	0,016	0,017	0,263	0,264
Ernte	0,369	0,032	0,035	0,482	0,484
Saatgut	0,017	0,001	0,002	0,004	0,005
N-Dünger	4,216	0,746	0,759	2,303	2,318
P-Dünger	0,598	0,432	0,653	0,235	0,468
K-Dünger	0,032	0,007	0,008	0,034	0,035
Ca-Dünger	0,009	0,002	0,002	0,010	0,010
PSM	0,059	0,044	0,044	0,019	0,019
Emissionen Feld	11,079	0,000	0,000	0,000	0,000
Zwischensumme	17,441	1,351	1,600	4,474	4,731
Konversion					
Zwischenlagerung	0,186	0,138	0,144	0,066	0,070
Anlieferung	0,313	0,021	0,023	0,417	0,418
Ölmühle	0,410	0,224	0,229	0,261	0,266
Hexan	0,007	0,005	0,006	0,003	0,003
Raffination	0,064	0,034	0,034	0,043	0,044
Bleicherde	0,011	0,006	0,006	0,008	0,008
Phosphorsäure	0,013	0,012	0,015	0,003	0,007
Umesterung	0,303	0,167	0,170	0,191	0,195
Methanol	0,347	0,251	0,270	0,136	0,148
Natronlauge	0,027	0,020	0,021	0,009	0,009
Glyzerin Aufbereitung	0,026	0,013	0,013	0,019	0,020
Zwischensumme	1,709	0,892	0,932	1,155	1,188
Nutzung RME					
Transport	0,121	0,010	0,011	0,158	0,158
Nutzung	7,316	0,115	0,115	10,190	10,190
Zwischensumme	7,437	0,126	0,127	10,348	10,348
Gutschriften RME					
Referenzlandbau	-0,485	-0,044	-0,050	-0,616	-0,621
Sojaschrot LW	-1,485	-0,350	-0,382	-1,305	-1,336
Sojaschrot Transport	-1,697	-0,812	-3,071	-1,263	-3,631
Glyzerin Energieinput	-4,421	-3,707	-3,124	-1,015	-1,042
Chlor	-0,918	-0,699	-0,714	-0,293	-0,309
Natronlauge	-0,614	-0,467	-0,477	-0,197	-0,208
Propylen	-0,751	-0,577	-0,606	-0,247	-0,266
Zwischensumme	-10,371	-6,654	-8,424	-4,936	-7,412
Dieselkraftstoff					
Bereitstellung	1,825	1,367	1,607	0,649	0,786
Nutzung Diesel	8,101	0,900	0,900	10,190	10,190
Zwischensumme	9,925	2,267	2,507	10,839	10,976
RME minus DK	6,291	-6,553	-8,272	0,200	-2,121

17 c Ergebnisse: Lebenswegvergleich I (Glyzerin synthetisch)

Teil 3: Emissionen II

Bezug: 1 kg DK bzw. DKÄ

Lebenswegabschnitt	NH_3 OK I+II mg	HCl OK I+II mg	DP OK I+II mg	DP gesamt mg	Staub OK I+II mg
Landwirtschaft					
Eggen	0,4	0,09	42,59	42,79	1,02
Pflügen	0,3	0,07	32,53	32,68	0,78
Ausbringung	0,1	0,04	21,88	21,96	0,39
Ernte	0,3	0,07	36,66	36,81	0,79
Saatgut	6,9	0,01	0,15	0,18	0,45
N-Dünger	984,2	10,06	12,73	13,98	339,76
P-Dünger	0,4	1,11	5,45	27,56	60,31
K-Dünger	0,1	2,25	1,31	1,43	25,68
Ca-Dünger	0,0	0,25	0,35	0,38	18,29
PSM	0,2	0,66	0,20	0,20	1,73
Emissionen Feld	5893,3	0,00	0,00	0,00	0,00
Zwischensumme	6886,0	14,62	153,84	177,96	449,20
Konversion					
Zwischenlagerung	0,0	2,21	0,42	0,81	3,20
Anlieferung	0,2	0,15	13,11	13,22	0,56
Ölmühle	0,0	3,42	0,28	0,59	8,98
Hexan	0,0	0,02	0,06	0,10	0,23
Raffination	0,0	0,44	0,05	0,08	1,56
Bleicherde	0,0	0,00	0,35	0,35	0,14
Phosphorsäure	0,0	0,01	0,04	0,44	0,98
Umesterung	0,0	2,33	0,22	0,43	7,21
Methanol	0,0	0,36	3,28	4,17	7,52
Natronlauge	0,0	0,44	0,11	0,16	0,45
Glyzerin Aufbereitung	0,0	0,13	0,00	0,00	0,00
Zwischensumme	0,2	9,51	17,93	20,35	30,82
Nutzung RME					
Transport	0,1	0,02	6,32	6,37	0,26
Nutzung	36,0	0,00	1375,00	1375,00	0,00
Zwischensumme	36,1	0,02	1381,32	1381,37	0,26
Gutschriften RME					
Referenzlandbau	-4,7	-0,18	-43,42	-43,80	-3,44
Sojaschrot LW	-115,7	-4,75	-67,87	-70,62	-29,40
Sojaschrot Transport	-0,3	-1,01	-13,64	-239,04	-2,27
Glyzerin Energieinput	0,0	-4,61	-3,23	-5,36	-91,12
Chlor	-0,2	-15,27	-3,81	-5,26	-15,60
Natronlauge	-0,1	-10,19	-2,64	-3,61	-10,42
Propylen	-0,1	-1,84	-3,56	-4,99	-16,37
Zwischensumme	-121,1	-37,86	-138,16	-372,68	-168,62
Dieselkraftstoff					
Bereitstellung	0,1	4,09	19,20	30,36	56,70
Nutzung Diesel	36,0	0,00	1375,00	1375,00	0,00
Zwischensumme	36,1	4,09	1394,20	1405,36	56,70
RME minus DK	6765,1	-17,81	20,72	-198,36	254,96

17 d Ergebnisse: Lebenswegvergleich I (Glyzerin synthetisch)

Teil 4: Emissionen III

Bezug: 1 kg DK bzw. DKÄ

Lebenswegabschnitt	NMHC OK I+II g	Formaldehyd OK I+II mg	Benzol OK I+II mg	Benzo-a-pyren OK I+II ng
Landwirtschaft				
Eggen	0,08	5,61	1,36	144
Pflügen	0,06	4,27	1,04	110
Ausbringung	0,05	4,17	1,00	51
Ernte	0,07	5,07	1,23	105
Saatgut	0,00	0,02	0,01	1
N-Dünger	0,08	3,02	1,08	102
P-Dünger	0,02	1,18	0,32	24
K-Dünger	0,00	0,24	0,07	6
Ca-Dünger	0,00	0,07	0,02	2
PSM	0,00	0,04	0,03	1
Emissionen Feld	0,00	0,00	0,00	0
Zwischensumme	0,37	23,69	6,15	544
Konversion				
Zwischenlagerung	0,01	0,14	0,08	24
Anlieferung	0,04	2,66	0,65	63
Ölmühle	0,03	1,93	1,10	18
Hexan	1,13	0,01	0,05	1
Raffination	0,01	0,37	0,22	4
Bleicherde	0,00	0,06	0,02	1
Phosphorsäure	0,00	0,01	0,00	0
Umesterung	0,02	1,61	0,97	16
Methanol	0,05	0,91	0,39	22
Natronlauge	0,00	0,02	0,01	1
Glyzerin Aufbereitung	0,00	0,18	0,11	2
Zwischensumme	1,30	7,90	3,58	152
Nutzung RME				
Transport	0,02	1,05	0,26	36
Nutzung	1,74	131,80	34,00	59483
Zwischensumme	1,76	132,85	34,26	59519
Gutschriften RME				
Referenzlandbau	-0,09	-6,95	-1,68	-125
Sojaschrot LW	-0,48	-11,42	-3,25	-240
Sojaschrot Transport	-0,08	-4,85	-1,25	-64
Glyzerin Energieinput	-0,13	-2,36	-0,73	-230
Chlor	-0,02	-0,82	-0,31	-18
Natronlauge	-0,01	-0,57	-0,21	-12
Propylen	-0,08	-0,85	-0,66	-45
Zwischensumme	-0,89	-27,82	-8,08	-734
Dieselkraftstoff				
Bereitstellung	0,60	3,20	3,39	143
Nutzung Diesel	1,74	131,80	34,00	59483
Zwischensumme	2,35	135,00	37,39	59626
RME minus DK	0,19	1,63	-1,48	-146

17 e Ergebnisse: Lebenswegvergleich I (Glyzerin synthetisch)

Teil 5: Mineralische Ressourcen

Bezug: 1 kg DK bzw. DKÄ

Lebensweg-abschnitt	Kalkstein	Phosphat-erz	Schwefel	Rohkali	Steinsalz	Ton-mineralien
	g	g	g	g	g	g
Landwirtschaft						
Saatgut	0,12	0,22	0,01	0,32	0,00	0,00
N-Dünger	80,89	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
P-Dünger	0,00	221,45	14,73	0,00	0,00	0,00
K-Dünger	0,00	0,00	0,00	318,18	0,00	0,00
Ca-Dünger	35,31	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Zwischensumme	116,32	221,67	14,74	318,50	0,00	0,00
Konversion						
Bleicherde	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	8,75
Phosphorsäure	0,00	2,76	0,58	0,00	0,00	0,00
Methanol	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Natronlauge	0,00	0,00	0,00	0,00	3,98	0,00
Zwischensumme	0,00	2,76	0,58	0,00	3,98	8,75
Gutschriften RME						
Referenzlandbau	-0,36	-1,88	-0,12	-6,31	0,00	0,00
Saatgut (Soja)	-0,03	-0,48	-0,03	-2,48	0,00	0,00
N-Dünger (Soja)	-1,32	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
P-Dünger (Soja)	0,00	-19,49	-1,30	0,00	0,00	0,00
K-Dünger (Soja)	0,00	0,00	0,00	-100,83	0,00	0,00
Chlor (Glyzerin)	0,00	0,00	0,00	0,00	-227,78	0,00
Natronlauge (Glyz.)	0,00	0,00	0,00	0,00	-91,68	0,00
Zwischensumme	-1,71	-21,85	-1,45	-109,62	-319,46	0,00
Saldo	114,61	202,58	13,87	208,88	-315,48	8,75

17 f Ergebnisse: Sensitivitätsanalysen

Ressourcen und Emissionen

Bezug: 1 kg DK bzw. DKÄ

	Erschöpfliche Energien MJ	CO_2-Äquival. g	CO_2 g	CH_4 g	N_2O g
Gutschrift (Glyzerin synth.)	-54,37	-2303	-3709	-0,30	4,97
Gutschrift (Glyzerin therm.)	-32,60	-1029	-2605	1,20	5,00
Allokation min.	-36,40	-2302	-2806	0,31	1,61
Allokation max.	-29,52	-1295	-2382	1,00	3,44
N_2O min.	-54,37	-3198	-3833	-0,38	2,07
N_2O max.	-54,37	-1010	-3833	-0,38	9,13
Ertrag niedrig	-53,96	-2273	-3804	-0,36	4,97
Ertrag hoch	-54,84	-2354	-3864	-0,40	4,90
Rapsöl	-41,62	-1415	-3198	0,73	5,70

	SO_2-Äquiv. OK I+II g	SO_2 OK I+II g	NO_x OK I+II g	NH_3 OK I+II g	HCl OK I+II g
Gutschrift (Glyzerin synth.)	6,29	-6,55	0,20	6,77	-0,02
Gutschrift (Glyzerin therm.)	12,82	-1,21	1,86	6,77	0,01
Allokation min.	3,73	-1,22	1,26	2,16	0,01
Allokation max.	10,25	-0,53	2,97	4,62	0,01
Ertrag niedrig	6,50	-6,53	0,46	6,77	-0,02
Ertrag hoch	5,92	-6,58	-0,07	6,68	-0,02
Rapsöl	13,10	-1,72	0,37	7,74	0,01

	Diesel-partikel OK I+II g	Staub OK I+II g	Form-aldehyd OK I+II mg	Benzol OK I+II mg	Benzo-a-pyren OK I+II ng
Gutschrift (Glyzerin synth.)	0,02	0,25	1,63	-1,48	-146
Gutschrift (Glyzerin therm.)	0,03	0,38	5,82	0,18	111
Allokation min.	0,03	0,12	8,15	0,55	118
Allokation max.	0,07	0,27	15,16	2,67	288
Ertrag niedrig	0,04	0,26	4,09	-0,88	-88
Ertrag hoch	0,00	0,25	-0,72	-2,06	-201
Rapsöl	-0,01	0,42	-6,34	-4,36	-55

Die Einzelauflistung der mineralischen Ressourcen findet sich in Chart 8a

17 g Umrechnungsfaktoren

Die in dieser Studie angegebenen Werte sind bezogen auf 1 kg DK bzw. DKÄ (s. Abschnitt 2 "Vorgehensweise"). Sie lassen sich mit folgenden Umrechnungsfaktoren auf andere Bezugsgrößen umrechnen:

Umrechnungsfaktor für den Bezug auf 1 kg RME/Rapsöl: 0,8659 (=37,20/42,96)
Umrechnungsfaktor für den Bezug auf ha·a (RME): 990,01
Umrechnungsfaktor für den Bezug auf ha·a (Rapsöl): 862,46

18 Literatur

Einst war die Seltenheit der Bücher den
Fortschritten der Wissenschaft nachteilig.
Jetzt ist es deren Überzahl,
die verwirrt und eigenes Denken behindert.

KARL JULIUS WEBER

/AHMED ET AL. 1994/ Ahmed, I., Decker, J., Morris, D.: How Much Energy Does It Take to Make a Gallon of Soydiesel? Report prepared for the National Soy Diesel Development Board, Jefferson City, Missouri. Institute for Local Self-Reliance Environmentally Sound Economic Development. Minneapolis, Washington, Philadelphia (1994)

/BMU 1997/ Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (Hrsg.): Klimaschutz in Deutschland. 2. Bericht der Regierung der Bundesrepublik Deutschland nach dem Rahmenübereinkommen der Vereinten Nationen über Klimaänderung. (Vorläufige Fassung vom Februar 1997)

/BORKEN ET AL. 1999/ Borken, J., Patyk, A., Reinhardt, G. A.: Basisdaten für ökologische Bilanzierungen: Einsatz von Nutzfahrzeugen für Transporte, Landwirtschaft und Bergbau. Vieweg-Verlag, Braunschweig/Wiesbaden (1999)

/BOUWMAN 1995/ Bouwman, A.F.: Compilation of a Global Inventory of Emissions of Nitrous Oxide. Thesis Landbouwuniversiteit Wageningen (1995)

/BUWAL 1996/ Fecker, I. (EMPA), Habersatter, K. (ETH Zürich) et al.: Ökoinventare für Verpackungen. Im Auftrag des Bundesamtes für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL, Hrsg.), Bern (1996)

/CLM 1996/ Biewinga, E.E., van der Bijl, G.: Sustainability of Energy Crops in Europe. A methodology developed and applied. Centre for Agriculture & Environment (CLM), Utrecht (1996)

/DECKER ET AL. 1997/ Decker, G., Koßmehl, S.-O., Heinrich, H.: Potential alternativer Kraftstoffe und ausgeführte Konzepte. In: Bartz, W.J. (ed): Fuels – 1st International Colloquium 16-17 Jan. 1997, Technische Akademie Esslingen (1997)

/DIN EN ISO 14040/ Deutsches Institut für Normung (DIN, Hrsg.): DIN EN ISO 14040: Umweltmanagement – Produkt-Ökobilanz – Prinzipien und allgemeine Anforderungen. Deutsche Norm. Beuth Verlag, Berlin (1997)

/DIN EN ISO 14041/ Deutsches Institut für Normung (DIN, Hrsg.): DIN EN ISO 14041: Umweltmanagement – Ökobilanz – Festlegung des Ziels und des Untersuchungsrahmens sowie Sachbilanz. Deutsche Norm. Beuth Verlag, Berlin (1998)

/ECETOC 1994/ European Centre for Ecotoxicology and Toxicology of Chemicals (ECOTOC, ed.): Ammonia Emissions to Air in Western Europe. Technical Report No. 62. Brüssel (1994)

/ECOINVENT 1994/ Baumann, T., Frischknecht, R., Gränicher, H.-P., Hofstetter, P., Knoepfel, I., Ménard, M., Sprecher, F.: ECOINVENT – Ökoinventare für Energiesysteme. Schweizer Bundesamt für Energiewirtschaft und Nationalen Energie-Forschungsfonds, Bern (1994)

/FAT 1997/ Wolfenberger, U., Dinkel, F.: Beurteilung nachwachsender Rohstoffe: Vergleichende Betrachtung von Produkten aus ausgewählten NWR und entsprechenden konventionellen Produkten bezüglich Umweltwirkungen und Wirtschaftlichkeit. Bericht im Auftrag des Schweizerischen Bundesamtes für Landwirtschaft, Eidgenössische Forschungsanstalt für Agrarwirtschaft und Landtechnik (FAT) und Carbotech AG, Tänikon und Basel (1997)

/GEMIS 1995/ Fritsche, U., Rausch, L., Simon, K.-H.: Umweltwirkungsanalyse von Energiesystemen: Gesamt-Emissions-Modell Integrierter Systeme (GEMIS). Hessisches Ministerium für Wirtschaft und Technik (Hrsg.): Studien zur Energiepolitik in Hessen. Wiesbaden (1995)

/HEINEMEYER ET AL. 1998/ Heinemeyer, O., Kücke, M., Kohrs, K., Schnug, E., Munch, J. C., Kaiser, E. A.: Lachgasemissionen beim Rapsanbau. In: Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft (Hrsg.): Fachtagung Biodiesel. Optimierungspotenziale und Umwelteffekte. Informationen, Erfahrungsaustausch, Perspektiven. Sonderheft 190, 173-181 (1998)

/HEINRICH 1997/ Heinrich, W.: Biodiesel-Erfahrungen im Lkw-Betrieb. In: Forschungsvereinigung Verbrennungskraftmaschinen (Hrsg.): Biodiesel – Nachwachsende Kraftstoffe (PME). Tagungsband zum gleichnamigen Workshop am 14. Feb. 1997 in Frankfurt/M. (1997)

/IFEU 1991/ Reinhardt, G. A., Heiß, K., Höpfner, U., Knörr, W.: Energie- und CO_2-Bilanz von Rapsöl und Rapsölester im Vergleich zu Dieselkraftstoff. Im Auftrag des Umweltbundesamtes, erschienen in: /UBA 1993/ und in überarbeiteter Fassung in /REINHARDT 1993/

/IFEU 1996/ Eden, T. U., Höpfner, U., Patyk, A., Reinhardt, G. A., Zenger, A.: Ökologische Bilanzierung von Elektrofahrzeugen. In: BMBF (Hrsg.): Erprobung von Elektrofahrzeugen der neuesten Generation auf der Insel Rügen. Bonn (1997)

/IPCC 1995/ IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories: Workbook, Cambridge University Press, Cambridge (1995)

/IPCC 1996/ Houghton, J. T., Meira Filho, L. G., Callander, B. A., Harris, N., Kattenberg, A., Makell, K.: Climate Change 1995. The Science of Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge (1996)

/IPCC 1997/ International Panel on Climate Change: Mündliche Mitteilungen (1997)

/KAHLERT 1998/ Kahlert, B.: RME-OxiKat / Umwandlung der Schadstoffe mit RME-optimiertem Katalysator. In: Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft (Hrsg.): Fachtagung Biodiesel. Optimierungspotenziale und Umwelteffekte. Informationen, Erfahrungsaustausch, Perspektiven. Sonderheft 190, 121-125 (1998)

/KALTSCHMITT & REINHARDT 1997/ Kaltschmitt, M., Reinhardt, G. A. (Hrsg.): Nachwachsende Energieträger – Grundlagen, Verfahren, ökologische Bilanzierung. Verlag Vieweg, Wiesbaden (1997)

/KRAHL 1998/ persönliche Mitteilung von 1998

/MAURER 1998/ Maurer, B.: Das CRT-System (Continuously Regenerating Trap) im Biodiesel-Einsatz. In: Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft (Hrsg.): Fachtagung Biodiesel. Optimierungspotenziale und Umwelteffekte. Informationen, Erfahrungsaustausch, Perspektiven. Sonderheft 190, 115-120 (1998)

/MAY ET AL. 1997/ May, H., Hattingen, U., Klee, P., Spitz, M.: Vergleichende Emissionsuntersuchungen beim Betrieb verschiedener Dieselmotoren mit Dieselkraftstoff und Rapsmethylester. MTZ Motortechnische Zeitschrift 58 (1997) 1

/OIL WORLD 1996/ Oil world No. 38, Vol. 39, 338 (1996)

/PATYK & REINHARDT 1997/ Patyk, A., Reinhardt, G. A.: Düngemittel – Energie- und Stoffstrombilanzen. Vieweg-Verlag, Wiesbaden (1997)

/REINHARDT 1993/ Reinhardt, G. A.: Energie- und CO_2-Bilanzierung nachwachsender Rohstoffe: Theoretische Grundlagen und Fallstudie Raps. 2. Aufl., Vieweg-Verlag, Wiesbaden (1993) (vergriffen, Nachdruck: IFEU, Heidelberg)

/REINHARDT 1998a/ Reinhardt, G. A.: First total ecological assessment of RME (biodiesel) versus diesel oil. – In: C.A.R.M.E.N. (Hrsg.): Biomass for Energy and Industry. Proceedings of the International Conference Würzburg, Germany, 8-11 June 1998, Rimpar (1998)

/REINHARDT 1998b/ Reinhardt, G. A.: Ökobilanzen in der Landwirtschaft: Methodische Besonderheiten. In: Schmidt, M., Höpfner, U. (Hrsg.): 20 Jahre ifeu-Institut. Vieweg-Verlag, Braunschweig/Wiesbaden (1998)

/REINHARDT & ZEMANEK 1998/ Reinhardt, G. A., Zemanek, G.: Ökobilanz „RME versus Dieselkraftstoff" – Eine Bestandsaufnahme. Landbauforschung Völkenrode 48, Heft 3, 107-117 (1998)

/REINHARDT & ZEMANEK 1999/ Reinhardt, G. A., Zemanek, G.: Ökobilanz Bioenergieträger: Bewertung von Lebenswegvergleichen „Bioenergieträger versus fossilen Energieträgern". Erich Schmidt Verlag, Berlin (1999), in Druck

/SAMS & TIEBER 1997/ Sams, Th., Tieber, J.: Raps- und Altspeiseöl-Methylester im realen Fahrzeugbetrieb. In: Bartz, W.J. (ed.): Fuels – 1st International Colloquium 16-17 Jan. 1997, Technische Akademie Esslingen (1997)

/SCHÄFER 1998/ persönliche Mitteilung vom April 1998

/SCHÄFER ET AL. 1998/ Schäfer, A., Naber, D., Gairing, M.: Biodiesel als alternativer Kraftstoff für Mercedes-Benz-Dieselmotoren. Mineralöltechnik 3, Hamburg (1998)

/SCHARMER ET AL. 1996/ Scharmer, K., Gosse, G. et al.: Energy balance, ecological impact and economics of Biodiesel production in Europe. Altener Programme Contract no. 4.1030/E/94-002-1, Gesellschaft für Entwicklungstechnologie mbH (GET) Jülich (1996)

/STROGIES 1997/ persönliche Mitteilung vom 14.03.1997

/TSCHÖKE 1997/ Tschöke, H.: Rapsöl als Kraftstoff für Verbrennungsmotoren – Chance oder Irrweg? In: Bartz, W.J. (ed): Fuels – 1st International Colloquium 16-17 Jan. 1997, Technische Akademie Esslingen (1997)

/UBA 1993/ Friedrich, A., Glante, F., Schlüter, Ch., Golz, C., Nöh, I., Reinhardt, G., Höpfner, U., Satorius, R., Benndorf, R., Blümel, H., Schärer, B., Rodt, S.: Ökologische Bilanz von Rapsöl bzw. Rapsölmethyester als Ersatz von Dieselkraftstoff (Ökobilanz Rapsöl). Herausgegeben vom Umweltbundesamt, UBA-Texte 4/93, Berlin (1993)

/UBA 1995/ Umweltbundesamt (Hrsg.): Ökobilanz für Getränkeverpackungen. UBA-Texte 52/95, Berlin (1995)

/VITO 1996/ Vlaamse Instelling voor Technologisch Onderzoek (VITO) (Hrsg.): International Conference on Application of Life cycle Assessment in Agriculture, Food and Non-Food Agro-Industry and Forestry: Achievements and Prospects, 4.-5-April 1996 VITO Mol, Belgium (1996)

/VW 1998/ schriftliche Mitteilung vom Januar 1998

/ZILMANS 1998/ Zilmans, R.: Mit Biodiesel EURO 4?! In: Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft (Hrsg.): Fachtagung Biodiesel. Optimierungspotenziale und Umwelteffekte. Informationen, Erfahrungsaustausch, Perspektiven. Sonderheft 190, 135-142 (1998)

Anhang 2

Ruhr-Universität Bochum
Fakultät für Wirtschaftswissenschaft
Lehrstuhl für Finanzwissenschaft
D-44780 Bochum

Abschlußbericht zum

Gutachten zur ökonomischen Bewertung von Rapsöl/ Rapsölmethylester (RME) gegenüber Dieselkraftstoff

erstattet im Auftrag des Umweltbundesamtes
FKZ 363 01 017

Aktualisierte Fassung

von:
Prof. Dr. Cay Folkers

in Zusammenarbeit mit:
Dipl.-Volksw. Frank Brocks

Bochum, Oktober 1998; Aktualisierung September 1999

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis IV
Tabellenverzeichnis V

Kurzfassung VIII
Executive summary XV

1. Einleitung 1

2. Literaturübersicht 4
2.1 Betriebswirtschaftliche Beiträge 4
2.1.1 Bewertung der Konkurrenzfähigkeit des Anbaus von Non-food-Raps 5
2.1.1.1 Alte Marktordnung 5
2.1.1.2 Neue Marktordnung 7
2.1.2 Vergleich der Bereitstellungskosten für Rapsöltreibstoffe und mineralischen Dieselkraftstoff 12
2.1.2.1 Alte Marktordnung 12
2.1.2.2 Neue Marktordnung 16
2.2 Volkswirtschaftliche Beiträge 20
2.3 Umweltökonomische Beiträge 23

3. Technische und institutionelle Rahmenbedingungen der Nutzung von Rapsöltreibstoffen 31
3.1 Technische Möglichkeiten des Einsatzes von Rapsöl als Kraftstoff 31
3.2 Die Marktordnung für Ölsaaten 33
3.3 Flächenpotential für den Anbau von Non-food-Raps 39

4. Betriebswirtschaftlicher Teil 44
4.1 Analyse der einzelwirtschaftlichen Rentabilität der Erzeugung von Rapsöl bzw. RME 44
4.1.1 Ökonomik des Anbaus von Non-food-Raps auf stillgelegten Flächen 44
4.1.2 Der potentielle Beitrag des Rapsanbaus zur Treibstoffversorgung 52
4.1.3 Die langfristige Wettbewerbsfähigkeit des Anbaus von Non-food-Raps 55
4.1.4 Die Verarbeitung von Rapssaaten zu Rapsöl 58

4.1.5 Bereitstellungskosten von Rapsöl und RME bei derzeitigen Produktionsmengen 60
4.1.6 Bereitstellungskosten für Rapsöltreibstoffe bei erheblicher Ausweitung der produzierten Mengen 65
4.1.7 Vergleich der Bereitstellungskosten der Rapsöltreibstoffe und Dieselkraftstoff 71
4.2. Bewertung der Absatzchancen von Rapsöltreibstoffen 73
4.2.1 RME aus Sicht der Konsumenten 73
4.2.2 Aspekte des Vertriebs der Rapsöltreibstoffe 75
4.2.3 Das Nachfragepotential für Rapsöl bzw. RME 78

5. Volkswirtschaftlicher Teil 81
5.1 Auswirkungen steigender Preise für fossile Energieträger 81
5.1.1 Zur These der Verknappung der Energiereserven 81
5.1.2 Auswirkungen einer Verteuerung der fossilen Energieträger auf die relative Wettbewerbsfähigkeit der Rapsöltreibstoffe 87
5.1.3 Auswirkungen einer Energie- bzw. CO_2-Steuer 89
5.2 Haushaltsmäßige Konsequenzen der Verwendung von Rapsöl als Treibstoff 92
5.2.1 Formen der staatlichen Förderung der Rapsöltreibstoffe 92
5.2.2 Abschätzung der haushaltsmäßigen Konsequenzen 98
5.3 Die Auswirkungen einer Verwendung von Rapsöl als Treibstoff auf zentrale volkswirtschaftliche Größen 101
5.3.1 Sozialprodukt und Wohlfahrt 101
5.3.1.1 Aussagekraft vorhandener Studien 101
5.3.1.2 Anforderungen an ein adäquates makroökonomisches Modell 103
5.3.2 Beschäftigung 107
5.3.3 Einkommenseffekte 109
5.4 Außenwirtschaftliche Aspekte 112
5.4.1 Auswirkungen auf den Außenbeitrag 112
5.4.2 Internationale Wirtschaftsbeziehungen 116
5.5 Analyse des Marktordnungssystems 119
5.5.1 Auswirkungen von Änderungen der marktpolitischen Rahmenbedingungen 119
5.5.2 Bewertung des gegenwärtigen Marktordnungssystems aus volkswirtschaftlicher Sicht 121

5.5.3 Die Einhaltung der Marktspaltung zwischen Food- und Non-food-Raps 123
5.5.4 Auswirkungen einer Umsetzung der Agenda 2000 auf den Anbau von Non-food-Raps 128
5.6 Prognose der Entwicklung des Preises für Ölsaaten 129
5.6.1 Entwicklung des Weltmarktpreises für Ölsaaten 129
5.6.2 Entwicklung des Preises von Non-food-Raps 132
5.7 Volkswirtschaftliche Gesamtbewertung der Nutzung von Rapsöl als Treibstoff 133

6. Energie- und umweltpolitische Aspekte der Nutzung von Rapsöl als Treibstoff 135
6.1 Ressourcenökonomische Überlegungen zum Einsatz von Rapsöl als Treibstoff 135
6.2 Die Verwendung von Rapöltreibstoffen als CO_2-Minderungsmaßnahme 140
6.2.1 Zur Notwendigkeit einer Berücksichtigung externer Effekte 140
6.2.2 Zum Problem der monetären Bewertung einer Einschränkung des Treibhauseffektes 141
6.2.3 Notwendigkeit einer volkswirtschaftlichen Betrachtung 145
6.2.4 Methodische Vorgehensweise bei der Quantifizierung der CO_2-Minderungskosten 150
6.2.5 Spezifische CO_2-Minderungskosten von RME 151
6.2.6 CO_2-Minderungsmaßnahmen im Verkehr 155
6.2.7 CO_2-Minderungsmaßnahmen in anderen Sektoren 158
6.2.8 Weitere Wirkungen auf die Umwelt 161
6.2.9 Rapsöl als Heizöl 163
6.3 Der Einsatz von Rapsöl in ökologisch sensiblen Bereichen 165
6.4 Schlußfolgerungen 170

7. Zusammenfassung der Hauptergebnisse und Gesamtbeurteilung der Verwendung von Rapsöl als Treibstoff 171

Anhang 175

Literaturverzeichnis 190

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1	Anbauentwicklung von Winterraps	34
Abbildung 2	Angebot an Non-food-Raps bei unterschiedlichen Preisbedingungen	54
Abbildung 3	Das Dilemma der OPEC	83
Abbildung 4	Auswirkungen der Befreiung der Rapsöltreibstoffe von der Mineralölsteuer	95
Abbildung 5	Wohlfahrtswirkung einer Subventionierung	104
Abbildung 6	Grenzkosten der CO_2-Reduktion	147
Abbildung 7	CO_2-Minderungskosten verschiedener Alternativen	159
Abbildung 8	CO_2-Minderungskosten für Maßnahmen an der Gebäudehülle von Wohngebäuden bis zum Jahr 2020 in Deutschland	189
Abbildung 9	CO_2-Minderungskosten für Maßnahmen an der Gebäudehülle von Nichtwohngebäuden bis zum Jahr 2020 in Deutschland	189

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1	Anbau von Non-Food Raps auf Stillegungsflächen in ha	45
Tabelle 2	Deckungsbeitrag des Anbaus von Non-Food-Raps auf Stillegungsflächen im Vergleich zur Flächenstillegung	48
Tabelle 3	Deckungsbeitrag des Anbaus von Non-Food-Raps auf Stillegungsflächen bei höherem Ertragsniveau	49
Tabelle 4	Anbau von Food- und Non-food-Raps nach Bundesländern (1997)	52
Tabelle 5	Sektoraler Verbrauch von Dieselkraftstoff in der Bundesrepublik Deutschland in 1000 t	53
Tabelle 6	Die relative Wettbewerbsfähigkeit von Non-food-Raps bei Einbeziehung der fixen Kosten	56
Tabelle 7	Die Rentabilität des Anbaus von Non-food-Raps in der langen Frist	57
Tabelle 8	Bereitstellungskosten von rohem Rapsöl	61
Tabelle 9	Bereitstellungskosten von RME bei derzeitigen Produktionsmengen	62
Tabelle 10	Bereitstellungskosten von reinem Rapsöl bei derzeitigen Produktionsmengen	63
Tabelle 11	Bereitstellungskosten von Rapsöl bzw. RME bei unterschiedlichen Szenarien (in DM/100 l)	68
Tabelle 12	Auswirkungen eines Absinkens der Verwaltungs-, Transport- und Vertriebskosten auf die Bereitstellungskosten der Rapsöltreibstoffe (in DM/100 l)	70
Tabelle 13	Bereitstellungskosten von Rapsöl bzw. RME bei unterschiedlichen Szenarien (in DM/100 l DKÄ)	71
Tabelle 14	Differenz zwischen den Bereitstellungskosten von Rapsöl bzw. RME und dem Dieselpreis bei unterschiedlichen Szenarien (in DM/100 l DKÄ)	72
Tabelle 15	Statische Reichweiten der Erdölreserven in Jahren	86
Tabelle 16	Zusammenhang zwischen der Höhe der Flächenstilllegungsrate und der Anbauentwicklung von Non-food-Raps	120

Tabelle 17	CO_2-Emissionen in Deutschland nach Emittentengruppen 1994 (in %)	146
Tabelle 18	Spezifische CO_2-Minderungskosten von RME	152
Tabelle 19	Spezifische CO_2-Minderungskosten von RME unter Berücksichtigung indirekter Subventionswirkungen	153
Tabelle 20	Spezifische CO_2-Minderungskosten für RME unter Berücksichtigung direkter und indirekter Subventionen sowie der volkswirtschaftlichen Kosten der Steuererhebung	154
Tabelle 21	Spezifische Minderungskosten von RME pro t CO_2-Äquivalent	163
Tabelle 22	Ergebnisse der Deckungsbeitragsrechnungen für Non-food-Raps (Neue Marktordnung)	175
Tabelle 23	Ergebnisse der Deckungsbeitragsrechnungen für die Flächenstillegung	176
Tabelle 24	Auswirkungen eines Absinkens des Preises für Rapsschrot auf 13 DM/dt auf die Bereitstellungskosten von RME	177
Tabelle 25	Auswirkungen eines Absinkens des Preises für Rapsschrot auf 13 DM/dt auf die Bereitstellungskosten von reinem Rapsöltreibstoff	177
Tabelle 26	Auswirkungen eines Absinkens des Preises für Rapsschrot auf 5 DM/dt auf die Bereitstellungskosten von RME	177
Tabelle 27	Auswirkungen eines Absinkens des Preises für Rapsschrot auf 5 DM/dt auf die Bereitstellungskosten von reinem Rapsöltreibstoff	178
Tabelle 28	Auswirkungen eines Absinkens der Marktpreise für Glycerin auf 100 DM/dt auf die Bereitstellungskosten von RME	178
Tabelle 29	Auswirkungen eines Absinkens der Marktpreise für Glycerin auf 60 DM/dt auf die Bereitstellungskosten von RME	178
Tabelle 30	Auswirkungen eines Absinkens des Preises für Rapsschrot auf 13 DM/dt und für Glycerin auf 100 DM/dt auf die Bereitstellungskosten von RME	179
Tabelle 31	Auswirkungen eines Absinkens des Preises von Rapsschrot auf 5 DM/dt und für Glycerin auf 60 DM/dt auf die Bereitstellungskosten von RME	179

Tabelle 32	Auswirkungen auf die Bereitstellungskosten von RME bei einem Rapsschrotpreis von 13 DM/dt	180
Tabelle 33	Auswirkungen auf die Bereitstellungskosten von reinem Rapsöltreibstoff bei einem Rapsschrotpreis von 13 DM/dt	180
Tabelle 34	Auswirkungen auf die Bereitstellungskosten von RME bei einem Rapsschrotpreis von 5 DM/dt	180
Tabelle 35	Auswirkungen auf die Bereitstellungskosten von reinem Rapsöltreibstoff bei einem Rapsschrotpreis von 5 DM/dt	181
Tabelle 36	Auswirkungen auf die Bereitstellungskosten von RME bei einem Rapsschrotpreis von 13 DM/dt und einem Glycerinpreis von 100 DM/dt	181
Tabelle 37	Auswirkungen auf die Bereitstellungskosten von RME bei einem Rapsschrotpreis von 5 DM/dt und einem Glycerinpreis von 60 DM/dt	181
Tabelle 38	Abschätzung des potentiellen Verbrauchs von reinem Rapsöltreibstoff	182
Tabelle 39	Energiekosten der RME-Produktion	183
Tabelle 40	Auswirkung des Anstiegs der Energiekosten auf die Bereitstellungskosten	184

Kurzfassung

In der Vergangenheit sind erhebliche Anstrengungen unternommen worden, um mit den Rapsöltreibstoffen ein gleichwertiges Substitut zum mineralischen Dieselkraftstoff herzustellen. Inzwischen sind die technischen Probleme der Verwendung von Rapsöl als Ersatz für Dieselkraftstoff weitgehend gelöst. Kontrovers diskutiert wird hingegen weiterhin die Frage, ob es aus ökonomischer Sicht sinnvoll ist, diese technischen Möglichkeiten auch tatsächlich zu nutzen. Zur Klärung dieser Frage wird in dem vorliegenden Gutachten die Verwendung von Rapsöl als Substitut für mineralischen Dieselkraftstoff einer umfassenden ökonomischen Analyse unterzogen. Eine erneute Betrachtung des Themas ist dadurch notwendig geworden, daß sich die ökonomischen Rahmenbedingungen für die Produktion und Verwendung von Rapsöl als Treibstoff in jüngster Zeit entscheidend verändert haben. Einerseits wurden die Rapsöltreibstoffe von der Mineralölsteuer befreit, andererseits wurde mit der EU-Agrarreform die Möglichkeit gegeben, nachwachsende Rohstoffe auf stillgelegten Flächen anzubauen, ohne daß dadurch auf die Gewährung der Flächenstillegungsprämie in Höhe von durchschnittlich 750 DM/ha verzichtet werden muß.

Der Anbau von Non-food-Raps erfolgt bisher nur in vergleichsweise kleinen Mengen, so daß die bestehenden Möglichkeiten der Verwendung stillgelegter Flächen für den Anbau von Non-food-Raps bei weitem nicht ausgeschöpft sind. 1997 betrug der Umfang der konjunkturellen Flächenstillegung 821 000 ha, wovon 107 000 ha für den Anbau von Non-food-Raps genutzt wurden. Für diese geringe Ausschöpfung der Anbaumöglichkeiten sind in erster Linie ökonomische Gründe verantwortlich. Damit der Anbau von Non-food-Raps auf stillgelegten Flächen aus einzelwirtschaftlicher Sicht lohnend ist, muß der Deckungsbeitrag des Anbaus höher sein als der Deckungsbeitrag der reinen Flächenstillegung. Für einen durchschnittlichen Betrieb ist dies nicht der Fall. Lediglich für Betriebe mit guten Anbaubedingungen für Raps und niedrigen variablen Kosten des Rapsanbaus kann der Anbau von Non-food-Raps auf stillgelegten Flächen unter der derzeitigen Preissituation lohnend sein. In diesen Betrieben wird aber häufig schon Food-Raps bis in die Nähe der Fruchtfolgegrenze angebaut, so daß die Fruchtfolgerestriktion dort gegen einen

Anbau von Non-food-Raps spricht. D.h. der Anbau von Non-food-Raps hat häufig andere Gründe als die Höhe seines Deckungsbeitrags. Hier sind insbesondere die Möglichkeit zur Optimierung der Fruchtfolge und zur Gülleausbringung auf den Anbauflächen von Non-food-Raps zu nennen.

Mit den derzeit in der Bundesrepublik Deutschland produzierten Mengen an Non-food-Raps kann nur ein marginaler Beitrag zur Treibstoffversorgung geleistet werden. Um eine gewisse Bedeutung für den Treibstoffmarkt zu erhalten, müßte der Anbau von Non-food-Raps deutlich ausgeweitet werden. Eine solche Ausdehnung der Produktionsmenge ist jedoch unter den gegebenen Rahmenbedingungen aufgrund der fehlenden einzelwirtschaftlichen Profitabilität des Anbaus von Non-food-Raps in vielen Betrieben nicht zu erwarten. Eine deutliche Ausdehnung der Produktionsmenge läßt sich daher nur durch eine Erhöhung der mit der Rapsölproduktion verbundenen Subventionen erreichen.

Die Verarbeitung der Rapssaat zu Rapsöl erfolgt in Ölmühlen, die von unterschiedlicher Größe sein können. Die Bandbreite bewegt sich von kleinsten Ölmühlen, die von mehreren Landwirten gemeinsam genutzt werden, bis zu den großen Ölmühlen der Ölmühlenindustrie. Da die Großanlagen der Ölmühlenindustrie den Kleinpressen aus ökonomischer Sicht deutlich überlegen sind, bietet sich die Verarbeitung der Rapssaaten in den Großanlagen der Ölmühlenindustrie an.

Die Bereitstellungskosten für reinen Rapsöltreibstoff bzw. RME liegen deutlich über den Bereitstellungskosten für mineralischen Dieselkraftstoff. Bei den derzeitigen Produktionsmengen sind die Bereitstellungskosten für Rapsöltreibstoffe etwa doppelt so hoch wie der abgabenfreie Tankstellenpreis für mineralischen Dieselkraftstoff, der im Jahre 1996 eine Höhe von 0,44 DM/l hatte. Daher können Rapsöltreibstoffe zur Zeit nur aufgrund der für sie gewährten Mineralölsteuerbefreiung in Höhe von 0,62 DM/l mit Dieselkraftstoff konkurrieren. Bei einer deutlichen Ausweitung der Produktionsmenge würden sich die Bereitstellungskosten der Rapsöltreibstoffe jedoch aufgrund des zu erwartenden Preisverfalls der bei der Herstellung von Rapsöl bzw. RME anfallenden Kuppelprodukte Rapsschrot und Glycerin erheblich erhöhen. Hierzu wurden für verschiedene Szenarien Modellrechnungen durchgeführt. Die

Ergebnisse zeigen, daß sich die Bereitstellungskosten für Rapsöl bzw. RME bei einer Ausweitung der Produktionsmengen selbst unter optimistischen Annahmen um mindestens 15 bis 20 % erhöhen würden. Daher müßten die Subventionen bei einer Ausdehnung der Produktionsmengen über das derzeitige Niveau von 0,71 DM/l hinaus erhöht werden, um die Absatzfähigkeit der Rapsöltreibstoffe im Vergleich zu mineralischem Dieselkraftstoff aufrechterhalten zu können. Insgesamt ist festzustellen, daß das Wettbewerbsdefizit der Rapsöltreibstoffe gegenüber mineralischem Dieselkraftstoff erheblich ist und sich bei Ausweitung der Produktionsmengen noch erhöhen würde. Das Wettbewerbsdefizit beruht nicht darauf, daß sich die Verwendung von Rapsöl als Treibstoff noch in der Markteinführungsphase befindet, sondern es ist struktureller Natur und wird dauerhaft bestehen bleiben.

Es erscheint vorstellbar, daß sich das Wettbewerbsdefizit der Rapsöltreibstoffe in Zukunft durch einen Anstieg der Preise für mineralischen Dieselkraftstoff reduzieren könnte. Aufgrund der Angebots- und Nachfragesituation auf den Mineralölmärkten ist ein dauerhafter und deutlicher Anstieg des Preises für mineralischen Dieselkraftstoff in absehbarer Zeit jedoch wenig wahrscheinlich. Wenn überhaupt, dürfte es nur zu einem moderaten Anstieg des Preises für mineralischen Dieselkraftstoff kommen. Modellberechnungen zeigen, daß ein moderater Anstieg des Preises zwar zu einer Verringerung des Wettbewerbsdefizits der Rapsöltreibstoffe führt, daß der aus heutiger Sicht mögliche Anstieg der Energiepreise aber bei weitem nicht ausreicht, um das Wettbewerbsdefizit der Rapsöltreibstoffe zu überbrücken. Selbst nach einem Anstieg der Energiepreise um 40 % würde das Wettbewerbsdefizit von RME gegenüber mineralischem Dieselkraftstoff immer noch 0,56 DM/l Dieselkraftstoff-äquivalent betragen. Daher ist davon auszugehen, daß das Wettbewerbsdefizit der Rapsöltreibstoffe in absehbarer Zeit nicht durch einen Anstieg der Preise für fossile Energieträger beseitigt werden kann.

Neben der Entwicklung von Angebot und Nachfrage auf den Mineralölmärkten können die Preise für Dieselkraftstoff auch aufgrund einer weiteren steuerlichen Belastung der Mineralölprodukte ansteigen. In diesem Zusammenhang wird seit einiger Zeit insbesondere die Einführung einer Energie- bzw. CO_2-Steuer erwogen.

Die möglichen Auswirkungen der Einführung einer solchen Steuer werden am Beispiel der auf EU-Ebene zur Zeit diskutierten kombinierten Energie- und CO_2-Steuer analysiert. Die Berechnungen zeigen, daß die Einführung dieser Steuer das Wettbewerbsdefizit der Rapsöltreibstoffe im Vergleich zu mineralischem Dieselkraftstoff nur geringfügig reduzieren kann. Dies reicht bei weitem nicht aus, um das bestehende Wettbewerbsdefizit zu beseitigen. Auch nach Einführung der auf EU-Ebene geplanten Energie- und CO_2-Steuer würde ein erhebliches Wettbewerbsdefizit verbleiben, das mindestens noch 0,58 DM/l Dieselkraftstoffäquivalent betragen würde.

Aufgrund der dargestellten Zusammenhänge ist davon auszugehen, daß das Wettbewerbsdefizit der Rapsöltreibstoffe dauerhaft erhalten bleiben wird. Daher ist auf lange Sicht eine hohe staatliche Förderung notwendig, wenn die Absatzfähigkeit der Rapsöltreibstoffe sichergestellt werden soll. Insbesondere ist die gelegentlich geäußerte Behauptung nicht zutreffend, daß eine Produktion von Rapsöltreibstoffen bei den derzeitigen Produktionsmengen ohne Gewährung von Subventionen möglich sei. Rapsöltreibstoffe sind von der Mineralölsteuer befreit. Zwar handelt es sich bei der Mineralölsteuerbefreiung um keine im Staatshaushalt explizit ausgewiesene Subventionszahlung, sie stellt aber wie jede Steuervergünstigung eine Form der Subventionierung dar, deren Betrag als „tax expenditure" in Höhe der Steuermindereinnahmen auszuweisen ist. Derzeit beträgt die Förderung der Rapsöltreibstoffe durch den Verzicht auf Mineralölsteuereinnahmen 0,62 DM je Liter RME. Da durch den Verzicht auf die Erhebung der Mineralölsteuer auch die auf die Mineralölsteuer zu entrichtende Mehrwertsteuer entfällt, liegen die mit der Förderung der Rapsöltreibstoffe verbundenen effektiven Subventionen über dem reinen Verzicht auf Mineralölsteuereinnahmen. Daher hat die Subventionierung der Rapsöltreibstoffe bei derzeitigen Produktionsmengen einen Umfang von 0,71 DM/l RME. Aufgrund der dargestellten Zusammenhänge wird sich der erforderliche Subventionsaufwand bei einer Ausweitung der Produktionsmengen darüber hinaus deutlich erhöhen. Selbst bei günstigen Annahmen muß man davon ausgehen, daß sich der erforderliche Subventionsaufwand bei einer Ausweitung der Produktionsmengen auf mindestens 1,12 DM pro Liter RME erhöht.

Im Zusammenhang mit der Förderung von Rapsöltreibstoffen wurden in der Vergangenheit wiederholt beschäftigungs- und einkommenspolitische Argumente angeführt. Bei einer methodisch korrekten Analyse sämtlicher Systemzusammenhänge sind derartige Wirkungen jedoch nicht zu begründen, da die geringen Beschäftigungswirkungen von Förderungsmaßnahmen durch den Verlust an Arbeitsplätzen in anderen Bereichen der Volkswirtschaft tendenziell ausgeglichen werden. Auch als Instrument zur Sicherung der Einkommen in der Landwirtschaft ist die Förderung der Rapsöltreibstoffe wenig geeignet. Von dem insgesamt eingesetzten Subventionsbetrag kommt bei dieser Form der Unterstützung nur ein vergleichsweise geringer Anteil bei den Landwirten an. Der Rest fällt an anderen Stellen in der Volkswirtschaft an bzw. führt aufgrund der mit den Subventionsmaßnahmen verbundenen Verzerrungswirkungen zu einem volkswirtschaftlichen Wohlfahrtsverlust und geht damit definitiv verloren. Mit den direkten Einkommenstransfers steht der EU demgegenüber ein Instrument zur Verfügung, das nicht nur weniger volkswirtschaftliche Kosten verursacht, sondern auch distributiv gezielter zugunsten der Landwirtschaft wirkt. Daher kann die Förderung von Rapsöltreibstoffen kaum mit einkommenspolitischen Argumenten begründet werden.

Außer durch die Gewährung von Subventionen werden Rapsöltreibstoffe auch durch die bestehenden Regulierungen im Rahmen des derzeitigen Marktordnungssystems für den Rapsanbau gefördert. Durch die Möglichkeit zum Anbau von Non-food-Raps auf stillgelegten Flächen wurde eine künstliche Wettbewerbsbeschränkung geschaffen, die den Non-food-Raps sowohl vom Wettbewerb mit Food-Raps als auch vom Wettbewerb mit anderen Ackerfrüchten abkoppelt. Nur aufgrund dieser künstlichen Wettbewerbsbeschränkung ist die Verwendung von Raps für Non-food-Zwecke trotz des deutlich niedrigeren Preises im Vergleich zum Food-Raps überhaupt wettbewerbsfähig. Dieser Aspekt wird bei der bisherigen Beurteilung der staatlichen Förderung von Rapsöltreibstoffen weitgehend vernachlässigt, wenngleich es sich keineswegs um eine unwesentliche Frage handelt. Regulierungen führen aufgrund der durch sie bewirkten Marktverzerrungen zu Wohlfahrtseinbußen wie verzerrende Steuern und Subventionen. Die mit der vorliegenden Regulierung

verbundenen Wohlfahrtseinbußen dürften ein ähnliches Ausmaß haben wie Subventionen mit vergleichbaren Effekten auf die wirtschaftlichen Entscheidungen.

In der Agenda 2000 ist geplant, die marktpolitischen Rahmenbedingungen für den Anbau von Non-food-Raps einschneidend zu ändern. Insbesondere ist vorgesehen, den Regelsatz der obligatorischen Flächenstillegung auf null zu reduzieren. Die Analysen haben gezeigt, daß im Fall der Umsetzung der Agenda 2000 in ihrer jetzigen Form mit einer Einstellung des Anbaus von Non-food-Raps zu rechnen ist, da der Anbau dann keinesfalls mehr wirtschaftlich ist.

Ein entscheidender Vorteil der Rapsöltreibstoffe wird darin gesehen, daß ihre Verwendung dazu beitragen könne, die fossilen Energiereserven zu schonen und die Abhängigkeit von Energieimporten zu reduzieren. Bei Berücksichtigung aller relevanten Kostenkategorien führt die Analyse jedoch zu dem Ergebnis, daß ein Verfahren zur Energieerzeugung, das wie die Rapsöloption wirtschaftliche Nettoverluste erzeugt und erst durch Subventionen bzw. Steuervergünstigungen in die Gewinnzone gebracht werden kann, letztlich ein mengenmäßiger Energieverschwender ist. Die Verwendung von Rapsöl als Treibstoff hat nicht nur, wie vielfach vermutet, eine relativ ungünstige, sondern eine negative Energiebilanz. Die Verwendung von Rapsöltreibstoffen führt nicht zu einer Schonung, sondern zu einer Verschwendung nicht regenerierbarer Energieressourcen, und die Abhängigkeit von Energieimporten wird im Endeffekt nicht geringer, sondern größer.

Als CO_2-Minderungsmaßnahme muß sich die Verwendung von Rapsöl mit allen anderen in einer Volkswirtschaft zur Verfügung stehenden CO_2-Minderungsoptionen messen lassen. Die Beschränkung der Analyse von CO_2-Minderungsmaßnahmen auf einzelne Sektoren der Volkswirtschaft, wie z.B. den Verkehrssektor, ist nicht problemadäquat und führt in der Regel zu falschen Ergebnissen bezüglich der relativen Vorteilhaftigkeit einer CO_2-Minderungsmaßnahme. Bei dem notwendigen volkswirtschaftlichen Vergleich aller potentiellen CO_2-Minderungsstrategien stellt sich die Verwendung von Rapsöltreibstoffen jedoch als äußerst unwirtschaftliche Maßnahme dar. Die spezifischen CO_2-Minderungskosten der Verwendung von RME betragen für eine merkliche CO_2-Minderung bei alleiniger Berücksichtigung des

direkten Subventionsaufwands zwischen 238 und 688 DM/t CO_2. Da bei dieser Berechnung von günstigen Annahmen ausgegangen worden ist, können diese Werte allenfalls als untere Grenzwerte für die tatsächlichen CO_2-Minderungskosten angesehen werden. Nahezu alle anderen CO_2-Reduktionsmaßnahmen haben deutlich geringere spezifische CO_2-Minderungskosten als die Verwendung von Rapsöl als Treibstoff. Selbst im Vergleich zu anderen erneuerbaren Energieträgern bzw. zu anderen nachwachsenden Rohstoffen schneiden die Rapsöltreibstoffe teilweise sehr viel schlechter ab. Bei Verfolgung alternativer CO_2-Minderungsmaßnahmen kann man daher mit dem selben Kostenaufwand eine sehr viel höhere CO_2-Reduktion erreichen als durch eine Verwendung von Rapsöl als Treibstoff. Aus diesem Grund ist diese Verwendung von Rapsöltreibstoffen unter dem Aspekt der CO_2-Reduktion aus ökonomischer Sicht nicht empfehlenswert.

Damit die Verwendung von Rapsöl aus volkswirtschaftlicher Sicht begründet werden kann, müssen die insgesamt erreichbaren Nutzen die aufzuwendenden Kosten, und zwar sämtliche gesellschaftliche Kosten aller Art, überwiegen. Da im Falle der Rapsöltreibstoffe ein strukturelles Wettbewerbsdefizit vorliegt, das dauerhaft erhalten bleibt, ist auf lange Sicht eine umfangreiche staatliche Förderung notwendig, um die Absatzfähigkeit der Rapsöltreibstoffe sicherzustellen. Diese hohen Subventionen sind aus volkswirtschaftlicher Sicht nur dann zu rechtfertigen, wenn diesen Kosten entsprechend hohe volkswirtschaftliche Nutzen gegenüberstehen. Wie die Analysen gezeigt haben, ist das nicht der Fall. Vielmehr erweist sich so gut wie keines der für eine Förderung von Rapsöl als Treibstoff vorgebrachten Argumente als stichhaltig. Selbst die häufig zur Begründung einer Förderung der Rapsöltreibstoffe ins Feld geführten umwelt- und energiepolitischen Argumente sprechen nicht für, sondern gegen eine Förderung von Rapsöl. Auch zu anderen Zielen, wie z.B. der Beschäftigungspolitik oder der Sicherung der Einkommen in der Landwirtschaft, kann die Förderung von Rapsöl keinen wesentlichen positiven Beitrag leisten bzw. schneidet im Vergleich zu anderen Maßnahmen deutlich schlechter ab. Insgesamt muß man somit zu dem Ergebnis kommen, daß die Förderung von Rapsöltreibstoffen aus volkswirtschaftlicher Sicht nicht befürwortet werden kann. Die volkswirtschaftlichen Kosten übersteigen die mit diesem Konzept verbundenen

volkswirtschaftlichen Nutzen so deutlich, daß man selbst unter äußerst günstigen Annahmen nicht zu einem anderen Ergebnis kommen kann.

Executive summary

In the past, great efforts have been made to develop rapeseed oil-based fuels into a full-scale substitute for the mineral oil-based diesel fuel. In the meantime, the technical problems connected with the utilisation of rape oil instead of diesel have largely been solved. However, there still is considerable controversy as to whether it makes economic sense to take advantage of the technical opportunities available. It is the purpose of this report to contribute to the solution of this issue by providing a comprehensive economic assessment of the effects resulting from the substitution of diesel with rape oil fuel. A reappraisal has become necessary because many fundamentals determining the production and the utilisation of rape oil have been changed considerably. On the one hand, rapeseed oil fuel has been exempted from mineral oil taxation. On the other hand, reforms of the EU agricultural policy make it possible for farmers to use set-aside land for growing renewable resources without jeopardising their eligibility for set-aside compensation payments, which amounts to 750 DM/hectare on average.

Only relatively small quantities of non-food rape are being produced at the moment. Therefore, the existing possibilities to use set-aside land for the cultivation of non-food rape have not been exhausted by any means. In 1997, the land set aside totalled 821,000 hectares, of which 107,000 hectares were used for the cultivation of non-food rape. The fact that the potential for non-food rape cultivation remains grossly underused is due above all to economic factors. To make the cultivation of non-food rape in areas of set-aside land profitable from an individual economic perspective, the profit contribution of non-food rape cultivation has to exceed the profit contribution of the pure set-aside. This is not the case for the average agricultural undertaking. Given the current price situation, the cultivation of non-food rape on set-aside areas can only be profitable for those farm units which enjoy

advantageous cultivation conditions for rapeseeds and where the variable costs of rape production are low. In these agricultural undertakings, food rape is frequently grown to an extend allowed by the crop rotation rule, so that, for this very reason, the restriction due to the crop rotation rule speaks against a cultivation of non-food rape. Non-food rape therefore is often grown for other reasons than for the level of the contribution margin, among them above all the possibility to optimise the rotation of crops and the possibility to apply liquid manure on the land to be used for growing non-food rape.

The quantity of non-food rape currently produced in the Federal Republic of Germany can make solely a marginal contribution to the fuel supply. The cultivation of non-food rape would have to be expanded considerably for it to have a significant impact to the fuel market. Such an expansion of output cannot be expected under the prevailing circumstances because for many farm units non-food rape cultivation would not be profitable. A significant expansion of output will therefore only be possible when the subsidies for non-food rape will have been increased.

Rapeseed oil is extracted in oilseed refineries which vary in size ranging from small processing facilities operated by a few farmers to the large-scale industrial plants. As the larger processing units are much more efficient, the rapeseed should be processed mainly in these units.

The production costs of pure rapeseed oil fuel, and RME, are significantly higher than the production costs of mineral fuel. Given the current levels of output, the production costs of rapeseed oil-based fuel are about twice as high as the petrol station price of mineral diesel fuel discounting the tax charge, i.e. 0.44 DM/litre in 1996. At the moment, rapeseed oil-based fuel can only compete with diesel fuel because it is exempted from mineral oil tax which is levied at a rate of 0.62 DM/litre. However, a significant increase in output levels would considerably increase the production costs of rapeseed oil fuel since, in this case, a collapse of the prices for rape oil and RME by-products, rapeseed meal, and glycerine, would have to be expected. Several scenarios were calculated to assess the effect of this development. Our results show that, even under optimistic assumptions, an increase

in output quantities would raise the production costs of rape oil and RME by at least 15 to 20 percent. Therefore, the expansion of output levels would have to be accompanied by an increase of the subsidies beyond the current level of 0.71 DM/litre to ensure marketability of rapeseed oil-based fuel compared to mineral diesel fuel. All in all, it can be concluded that there is an enormous differential in the competitiveness of rape oil and mineral diesel fuel which would be widened even further if the output levels were to increase. The reason for this gap in competitive strength is not that the use of rapeseed oil as a fuel is still at the stage of market entry, but rather that it is of structural nature and will persist.

It seems conceivable that an increase in the prices of mineral diesel fuel will help to reduce the lack of competitiveness of rapeseed oil fuel. But, taking the situation in the mineral oil markets into account, a permanent and significant increase in mineral fuel prices does not appear very likely in the foreseeable future. If at all, there will only be a moderate increase in mineral diesel fuel prices. Calculations show that this would lead to a narrowing of the gap in competitiveness of RME but the possible increase would not be sufficient by any means to close the gap. Even after an increase in energy prices by 40 percent, the gap in competitiveness between RME and mineral fuel would still amount to 0.56 DM per litre diesel fuel equivalent. Therefore, it can be concluded that, in the foreseeable future, the lack of competitiveness of RME will not be eliminated by an increase in prices of fossil energy resources.

Diesel fuel prices could rise not only because of the development of supply and demand on mineral oil markets but also because of a tax increase for mineral oil products. Discussions about the possible introduction of an energy or CO_2 tax have been going on quite some time. The likely effects of the introduction of such a tax were analysed on the basis of the combined energy and CO_2 tax that is currently being discussed in the EU. Our calculations show that the introduction of such a tax can only slightly reduce the gap in competitiveness of RME. But, this is by no means sufficient to eliminate the lack of competitiveness. Even after the introduction of a combined energy and CO_2 tax, a sizeable gap of competitiveness would remain and amount to at least 0.58 DM per litre diesel fuel equivalent.

The results of our study up to this point lead us to conclude that the lack of competitiveness of rapeseed oil-based fuel will persist. Therefore, in the long run, state support at a high level will be necessary to ensure that rapeseed oil fuel remains a marketable commodity. The argument that, given the current output levels, the production of rapeseed oil-based fuel is possible without granting subsidies must be refuted. Rapeseed oil-based fuel is exempted from mineral oil taxation. The exemption from mineral oil taxation is not shown in the state budget as a subsidy payment, but, like every favourable tax treatment, it is an implicit subsidy which has to be shown as "tax expenditure" indicating the amount of revenue shortfall incurred. At present, the support of rapeseed oil fuel through shortfalls of mineral oil taxes amounts to 0.62 DM per litre RME. Waiving mineral oil taxes also reduces the amount of value added tax payable accordingly. Therefore, the effective subsidies connected with the support of rapeseed oil fuel clearly exceed the actual shortfall arising from the waiver of mineral oil tax. That is why, given the current output volumes, the subsidies of rapeseed oil-based fuel amount to 0.71 DM per litre. It follows from our results that subsidies will have to be increased significantly if output levels are expanded. Even under favourable assumptions, it will be necessary to raise subsidies to at least 1.12 DM per litre RME if the output volume is to be increased.

In the past, employment and income policy arguments were used to defend the support for rapeseed oil fuel. Analysing the interrelations of the economic system, such claims cannot be sustained since small effects on employment induced by support measures will be compensated for by a decrease in employment in other sectors of the economy. Support of rapeseed oil-based fuel cannot even serve as an instrument to secure incomes in the agricultural sector. Only a relatively small share of the subsidies will filter through to farmers. The remaining shares will be diverted into other sectors of the economy, and the distortions caused by the subsidies will lead to welfare losses which will definitely eliminate any positive effects. On the other hand, the instrument of direct income transfers enables the EU to pursue objectives of income distribution in favour of the agricultural sector more efficiently and at lower

social costs. Thus, the support of rapeseed oil fuel can hardly be justified by arguments of income policy.

In addition to subsidies, rapeseed oil-based fuel is also supported by regulations in connection with the present oil seed market regime. The opportunity to cultivate non-food rape on set-aside land has created an artificial trade barrier protecting non-food rape from competition with food rape as well as from competition with other crops. The utilisation of rapeseeds for non-food purposes is profitable only as a result of this artificial restraint of competition, and this in spite of the price which is significantly lower than that of food rape. The latter aspect is usually disregarded in the current discussion on state support, although this is a very central question. Distortions induced by regulations lead to welfare losses in the same way as distorting taxes and subsidies. The welfare losses caused by the regulation discussed in this report might be the same in size as those resulting from subsidies, with comparable impacts on economic decisions.

Agenda 2000 aims at a dramatic change in market conditions for the production of non-food rape. In particular the commission intends to fix the normal rate of compulsory set-asides at zero. Our investigation shows that the production of non-food rape will be abandoned if Agenda 2000 is applied in its present form. Then the production of non-food rape will no longer be competitive.

Rapeseed oil-based fuel may contribute to saving fossil energy resources and reduce the dependence on energy imports, which is generally considered to be a decisive advantage of using this fuel. However, taking all the relevant cost categories into account, we come to the conclusion that any energy generation process entailing net economic losses and requiring subsidisation or preferential tax treatment to be profitable will, in the last resort, squander energy measured in volume terms. The energy balance for rape oil used as fuel not only shows a relatively bad performance, as is frequently suspected, it even shows a negative account. The use of rapeseed oil fuel does not lead to any savings of energy resources, on the contrary, it results in the wasteful use of non-regenerative energy resources, and the dependence on energy imports is not reduced but enhanced.

As a measure which aims at reducing CO_2 emissions, the use of rape oil must be compared to any other available CO_2 emission-reducing options available in a national economy. Restricting the investigation of such options to a particular sector of the economy, e.g. the transport sector, is not adequate to the problem and generally leads to wrong conclusions about the competitiveness of the measure under consideration. If we compare all potential CO_2 emission-reducing measures, the use of rapeseed oil-based fuel proves to be highly uneconomical. The specific CO_2 reduction costs for the substitution of RME range from 238 to 688 DM/t CO_2 for noticeable reductions in CO_2 reductions. As we derive this result under optimistic assumptions, these figures should rather be interpreted as being near the lower bound for the true CO_2 reduction costs. Almost all other CO_2 reducing measures involve substantially lower CO_2 reduction costs. Even compared to different renewable sources of energy or to other regenerative resources rapeseed-based fuel shows a very poor level of performance. By implementing alternative reduction of CO_2 emissions one could arrive at a higher reduction in CO_2 emission at lower costs compared to the use of rapeseed based fuel. For this reason, the utilisation of rapeseed based fuel cannot be recommended from an economic point of view.

The use of rapeseed oil-based fuel cannot be justified economically unless the induced total benefits exceed the induced total social costs. As the use of rapeseed oil-based fuel is not competitive for structural reasons, and as this situation will prevail in the long run, there will be a continuing need for state-support in order to ensure its marketability. Subsidies on this scale can only be justified if they were matched by social benefits on a similar scale. Our investigation shows that this is not the case. Hardly any of the arguments brought forward in favour of rapeseed oil-based fuel proved to be substantive. Even the environmental and energy related arguments which are offered in favour of rapeseed based fuel turn into arguments against subsidising rapeseed oil fuel. Also with respect to other objectives, such as employment policy or stabilising farmers' incomes, supporting rape oil does not contribute substantially to achieving these objectives in any substantial way and is clearly inferior to other measures. The conclusion which emerges from our investigation is that supporting the use of rapeseed oil-based fuel cannot be

approved from an economic point of view. It is very obvious that social costs exceed the social benefits, and even under the most optimistic assumptions, one cannot attain the reverse result.

Vorbemerkungen zur aktualisierten Fassung

Die Aktualisierung umfaßt die Anpassung dieses Gutachtens an die aktualisierte Version des Gutachtens „Ressourcen- und Emissionsbilanzen: Rapsöl und RME im Vergleich zu Dieselkraftstoff", erstellt vom ifeu-Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg GmbH, vom März 1999. Dabei wurden sämtliche Berechnungen und Analysen unseres Gutachtens, die sich auf Daten der ursprünglichen Version des ifeu-Gutachtens vom April 1997 beziehen, mit den Daten der aktualisierten Version vom März 1999 neu durchgeführt.

Weitere Änderungen, die sich seit der Fertigstellung dieses Gutachtens im Oktober 1998 ergeben haben, wurden in der Aktualisierung auftragsgemäß nicht berücksichtigt. Insbesondere beziehen sich sämtliche Berechnungen, sofern nicht anders angegeben, weiterhin auf das Jahre 1995.

1. Einleitung

Im Gefolge der starken Energiepreiserhöhungen in den siebziger Jahren wurden nachwachsende Rohstoffe zu einem wichtigen Thema der energiepolitischen Debatte. Aufgrund intensiver Forschungsbemühungen konnte man seitdem in diesem Bereich deutliche Fortschritte erzielen. Insbesondere schien man mit Rapsöl ein geeignetes Treibstoffsubstitut für fossilen Dieselkraftstoff gefunden zu haben. In der Vergangenheit wurden erhebliche Anstrengungen unternommen, um die Markteinführung von Rapsöl als Treibstoff zu erreichen. Eine Art erster Durchbruch wurde dabei Anfang 1994 erreicht, als Rapsöl an der Tankstelle für den Verbraucher gleichpreisig zu mineralischem Dieselkraftstoff angeboten werden konnte. Damit einhergehend hat sich die Zahl der Tankstellen, die Rapsöl anbieten, deutlich erhöht. Ende 1997 hatten mehr als 800 öffentliche Tankstellen Rapsöltreibstoff in ihrem Angebot[1]. Diese Erfolge bei der Markteinführung hängen damit zusammen, daß in jüngster Zeit die ökonomischen Rahmenbedingungen für die Produktion und Verwertung von Rapsöl als Treibstoff entscheidend geändert worden sind. Die Rapsöltreibstoffe sind von der Mineralölsteuer befreit und mit der EU-Agrarreform wurde den landwirtschaftlichen Betrieben die Möglichkeit eingeräumt, nachwachsende Rohstoffe auf stillgelegten Flächen anzubauen, ohne der Stillegungsprämie verlustig zu gehen.

Die Verwendung von Rapsöl als Treibstoff scheint gegenüber der Verwendung von mineralischem Dieselkraftstoff eine Reihe von Vorteilen zu besitzen. Als besonders wichtig wird dabei der Beitrag des Rapsöls zur Lösung von Umweltproblemen angesehen, wobei insbesondere auf eine Verminderung des Treibhauseffekts abgestellt wird. Der entscheidende Vorteil der Verbrennung von Rapsöl gegenüber mineralischem Dieselkraftstoff besteht darin, daß die bei der Verbrennung freigesetzte CO_2-Menge der Menge entspricht, die die Rapspflanze zuvor der Atmosphäre entzogen hat, so daß über den gesamten Lebenszyklus der Pflanze gesehen grundsätzlich kein zusätzliches Kohlendioxid in der Atmosphäre angereichert wird. Dabei ist jedoch zu beachten, daß bei der Produktion von Rapsöl

[1] Vgl. Bockey (1998), S. 77.

dennoch in gewissem Ausmaß CO_2 freigesetzt wird, da für Anbau, Ernte, Transport und Verarbeitung von Raps Fremdenergien eingesetzt werden müssen. Die CO_2-Emissionen werden daher nicht vollständig vermieden, wohl aber vermindert. Neben umweltpolitischen Aspekten wird vor allem auf die energiepolitische Dimension einer Verwendung von Rapsöl als Treibstoff verwiesen. Danach könne der Einsatz von Rapsöl dazu beitragen, die in ihrem Umfang begrenzten fossilen Energiereserven zu schonen und die Abhängigkeit der Bundesrepublik Deutschland von Mineralölimporten zu reduzieren. Nicht zuletzt wird ein entscheidender Vorteil der Verwendung von Rapsöl als Treibstoff darin gesehen, der Landwirtschaft neue Absatzchancen außerhalb des Nahrungsmittelbereichs zu eröffnen und so eine bedeutende Einkommensalternative für die Landwirtschaft zu erschließen. Insgesamt scheint damit eine derartige Verwendung von Rapsöl mit einer Reihe von Vorteilen verbunden zu sein, so daß es sinnvoll erscheint, ihr nähere Aufmerksamkeit zu schenken.

Zweck des vorliegenden Gutachtens ist es, die Verwendung von Rapsöl als Substitut für mineralischen Dieselkraftstoff einer umfassenden ökonomischen Analyse zu unterziehen. Grundsätzlich wird bei den im folgenden durchgeführten Analysen und Berechnungen von einer – durch den dargestellten Umwelteffekt bedingten – positiven Grundposition gegenüber der Option Rapsöl ausgegangen. Dementsprechend werden stets günstige Annahmen im Hinblick auf den Rapsöltreibstoff getroffen und die unter diesen Bedingungen resultierenden Ergebnisse den Beurteilungen zugrundegelegt. Sofern nicht anders angegeben, beziehen sich sämtliche Berechnungen auf das Jahr 1995.

Um den derzeitigen Kenntnisstand sowie das vorhandene Meinungsspektrum zu diesem Thema aufzuzeigen, wird zunächst eine Literaturstudie über die vorliegenden betriebswirtschaftlichen, volkswirtschaftlichen und umweltökonomischen Untersuchungen zum Einsatz von Rapsöl als Ersatz für Dieselkraftstoff erstellt. Hieran anschließend werden die bestehenden technischen und institutionellen Rahmenbedingungen der Produktion von Rapssaaten für Treibstoffzwecke aufgearbeitet. Im vierten Teil dieses Gutachtens wird die Erzeugung und Verwendung von Rapsöl als Treibstoff einer betriebswirtschaftlichen Analyse unterzogen. Dazu werden zunächst

der Anbau von Non-food-Raps und anschließend die Verarbeitung der Rapssaat aus betriebswirtschaftlicher Sicht analysiert. Auf Basis dieser Ergebnisse können Aussagen über die relative Wettbewerbsposition von Rapsöl im Vergleich zu mineralischem Dieselkraftstoff getroffen werden. Im Anschluß an diese Analyse der Angebotsseite wird in einem weiteren Schritt die Nachfrageseite für Rapsöl aus einzelwirtschaftlicher Sicht analysiert.

Im fünften Teil dieses Gutachtens werden die volkswirtschaftlichen Aspekte einer Verwendung von Rapsöl als Treibstoff untersucht. Dabei werden die energie- und umweltpolitischen Aspekte einer Verwendung von Rapsöltreibstoffen zunächst aus der Analyse ausgeklammert. Zwar ist es prinzipiell möglich, diese Aspekte in eine volkswirtschaftliche Analyse zu integrieren, aufgrund der besonderen Probleme der nichtmarktlichen Bewertung dieser Effekte bietet es sich jedoch an, sie in einer gesonderten Analyse zu erfassen und getrennt auszuweisen. In der volkswirtschaftlichen Analyse soll es insbesondere um Fragen der Auswirkungen steigender Energiepreise, den mit der Verwendung von Rapsöl als Treibstoff verbunden Subventionsbedarf sowie die Auswirkungen des Einsatzes von Rapsöltreibstoff auf zentrale gesamtwirtschaftliche Größen gehen. Darüber hinaus werden außenwirtschaftliche Aspekte einer Verwendung von Rapsöltreibstoffen erörtert und das gegenwärtige Marktordnungssystem für Ölsaaten aus volkswirtschaftlicher Sicht bewertet.

Der sechste Teil des Gutachtens behandelt die umwelt- und energiepolitischen Aspekte einer Verwendung von Rapsöl als Treibstoff. Dabei wird zunächst erörtert, welchen Beitrag die Verwendung von Rapsöl zur Schonung der begrenzten fossilen Energieträger leisten kann. Daran anschließend werden die umweltökonomischen Aspekte analysiert. Hierbei soll es insbesondere darum gehen, die Effizienz der Verminderung von CO_2-Emissionen bei Verfolgung des Rapsölkonzepts im Kostenvergleich mit alternativen Maßnahmen zur CO_2-Minderung zu ermitteln. In einem abschließenden Kapitel werden die wesentlichen Ergebnisse und Konsequenzen des Gutachtens aus betriebswirtschaftlicher, volkswirtschaftlicher und umweltökonomischer Sicht zusammengefaßt.

2. Literaturübersicht

Im zweiten Teil des Gutachtens wird ein Überblick über die Literatur zum behandelten Themenkreis gegeben. Dabei wird der bisherige Kenntnisstand dargestellt und das breite Meinungsspektrum zur Rapsöloption aufgearbeitet. Die Literaturübersicht gliedert sich entsprechend der Vorgehensweise des Gutachtens nach betriebswirtschaftlichen, volkswirtschaftlichen und umweltökonomischen Beiträgen. Die vergleichende Darstellung des Literaturstandes soll verdeutlichen, von welchen Annahmen die einzelnen Untersuchungen ausgehen und mit welchen methodischen Verfahren sie zu teilweise erheblich divergierenden Ergebnissen gelangen. Damit soll zu einer kritischen Beurteilung der vorliegenden Erkenntnisse beigetragen werden.

Die in diesem Überblick behandelten Arbeiten beziehen sich auf die Bedingungen des Rapsanbaus und der Produktion von Rapsöltreibstoffen, wie sie in der Bundesrepublik Deutschland herrschen. Für die Aufnahme in die Literaturübersicht war es unerheblich, zu welchen Ergebnissen die Studien gelangen, d.h. ob sie Rapsöl in der Verwendung als Treibstoff als förderungswürdige Option beurteilen oder zu einem negativen Fazit kommen. In jedem Fall wird versucht, die datenmäßigen und methodischen Ursachen für die jeweiligen Ergebnisse herauszuarbeiten. Bei der Darstellung der umweltökonomischen Beiträge bleiben diejenigen Arbeiten außer Betracht, die sich mit emissionsmindernden Maßnahmen ohne ausdrücklichen Bezug auf den Einsatz von Rapsöltreibstoffen beschäftigen. Da die verschiedenen Arbeiten meist nicht von übereinstimmenden Grundlagen ausgehen, sind die Einzelergebnisse der Studien kaum vergleichbar.

2.1 Betriebswirtschaftliche Beiträge

Die betriebswirtschaftliche Literatur zur Verwendung von Rapsöl als Treibstoff befaßt sich im wesentlichen mit drei Fragenkomplexen. Entsprechend den einzelnen Schritten der Rapsöl- bzw. RME-Herstellung wird zum einen die Frage behandelt, ob bzw. unter welchen Bedingungen der Anbau von Non-food-Raps für die landwirt-

schaftlichen Betriebe wirtschaftlich ist. Weitere Studien beschäftigen sich mit der Ermittlung der Bereitstellungskosten für reinen Rapsöltreibstoff bzw. RME. Eine andere Gruppe von Arbeiten untersucht die Konkurrenzfähigkeit der Rapsöltreibstoffe gegenüber Dieselkraftstoff über Preisvergleiche. Der folgende Abschnitt gliedert sich nach diesen aufeinander aufbauenden Fragenkreisen.

2.1.1 Bewertung der Konkurrenzfähigkeit des Anbaus von Non-food-Raps

Da sich durch das Inkrafttreten der neuen Marktordnung für Ölsaaten im Jahr 1992 erhebliche Änderungen in den Rahmenbedingungen des Ölsaatenanbaus ergeben haben, sind die Ergebnisse von Studien für die alte bzw. neue Marktordnung praktisch nicht vergleichbar. Aus diesem Grund wird die Literatur bezüglich der Wirtschaftlichkeit des Anbaus von Non-food-Raps danach unterteilt, welche Marktordnung den Analysen zugrundegelegt wurde. Außerdem können die vorhandenen Arbeiten über die Wirtschaftlichkeit des Rapsanbaus methodisch in zwei Kategorien eingeteilt werden. Die erste Gruppe besteht aus Studien, die mittels komplexer Simulationsmodelle die Grenzkosten der Rapssaatenerzeugung errechnen und durch Aggregation der zu den jeweiligen Grenzkosten bereitgestellten Mengen Preis-Angebotsfunktionen für Rapssaaten ermitteln. Die zweite Gruppe umfaßt Untersuchungen, die anhand von ausgewählten Ertrags- und Preisgrößen Deckungsbeitragsrechnungen für den Rapsanbau durchführen. Zunächst wird auf Arbeiten eingegangen, denen die Regelungen der alten Marktordnung zugrundeliegen. Danach werden diejenigen Studien betrachtet, die von der geänderten Marktordnung nach 1992 ausgehen.

2.1.1.1 Alte Marktordnung

Die Regelung der vor 1992 geltenden Marktordnung sah eine Beihilfe für Ölmühlen bei der Verarbeitung von Rapssaaten aus EG-Herkünften vor, die der Differenz

zwischen Richtpreis und jeweils geltendem Weltmarktpreis entsprach[2]. Die Fettmarktordnung stützte somit die Erzeugerpreise für Rapssaaten. Zudem bestand, anders als heute, keine Marktspaltung in Food- und Non-food-Raps, weshalb bei der Beantwortung der Frage nach der Wirtschaftlichkeit des Anbaus von Rapssaaten vor 1992 keine Unterscheidung nach der Verwendung erforderlich war.

Wie bereits erwähnt, wird die Wirtschaftlichkeit des Anbaus von Non-food-Raps in einem Teil der Literatur mit Hilfe von Simulationsmodellen bestimmt, aus denen die Grenzkosten der Rapssaatenerzeugung berechnet werden. Die ermittelten Grenzkosten stellen die Erzeugermindestpreise für Raps dar, bei denen die Erlöse den Erzeugungskosten für Rapssaaten entsprechen[3]. *Kleinhanß* (1989) abstrahiert in seinen Modellrechnungen weitgehend von der Marktordnung, dennoch wird seine Studie in diesem Abschnitt behandelt, da das Datenmaterial aus der Zeit vor 1992 stammt. Er geht von der Grundannahme aus, daß der Landwirt immer dann zur Einführung bzw. Ausdehnung des Anbaus von Raps im Rahmen der Fruchtfolgegrenze bereit ist, wenn die dabei erzielte Faktorentlohnung mindestens die Höhe der durch die verdrängten Feldfrüchte erzielbaren Entlohnung erreicht[4]. Aus den Kosten der Rapssaatenproduktion und dem Gewinnentgang der verdrängten Anbauverfahren werden die Mindestpreise ermittelt, zu denen der Anbau von Raps für die Landwirte wirtschaftlich ist. Aus diesen Mindestpreisen kann eine Preis-Angebotsfunktion ermittelt werden, die zeigt, daß die Erzeugung von Rapssaaten oberhalb eines Preises von 70 DM/dt wirtschaftlich wird. Dies gilt jedoch nur für wenige günstige Standorte. Ein nennenswertes Angebot ergibt sich erst bei Preisen von ca. 77 DM/dt und darüber. Auf kostenungünstigen Standorten liegen die Grenzkosten mit bis zu 90 DM/dt deutlich höher[5]. Vergleicht man die von *Kleinhanß* ermittelten Grenzkosten mit den zu diesem Zeitpunkt erzielbaren Erlösen in Höhe von 80 bis 100 DM/dt Rapssaaten, so kann man davon ausgehen, daß der Anbau von Raps auch auf weniger günstigen Standorten wirtschaftlich war.

---

[2] Vgl. Ortmaier (1990), S. 128.
[3] Vgl. Schefski, Kleinhanß (1995), S. 61.
[4] Vgl. Kleinhanß (1989), S. 259.
[5] Vgl. Kleinhanß (1989), S. 276.

Ortmeier (1990) stellt die Frage nach der Wirtschaftlichkeit der Rapssaatenerzeugung im Vergleich zur Erzeugung anderer Ölsaaten und errechnet die alternativen Deckungsbeiträge für unterschiedliche Ertragsniveaus[6]. Die Deckungsbeiträge für Öllein liegen danach im Bereich von rund 700 bis 1300 DM/ha, für Raps bei etwa 600 bis 1800 DM/ha und für Sonnenblumen bei 700 bis 1900 DM/ha. Auf mittleren Ertragsniveaus haben Raps (30 dt/ha) und Sonnenblumen (ca. 27 dt/ha) weitgehend identische Deckungsbeiträge, die diejenigen von Öllein übersteigen. Insgesamt kommt der Autor zu dem Schluß, daß Winterraps unter ökonomischen Aspekten mit anderen Ölpflanzen und Mähdruschfrüchten konkurrieren kann. An günstigen Standorten können Sonnenblumen zwar höhere Deckungsbeiträge erzielen als Winterraps, doch ist der Anbau von Sonnenblumen mit höheren Ertrags- und Preisrisiken verbunden.

Damit zeigen die Ergebnisse der beiden betrachteten Studien, daß die Erzeugung von Rapssaaten unter den vor 1992 geltenden Rahmenbedingungen aus einzelwirtschaftlicher Sicht eine konkurrenzfähige Alternative zum Anbau anderer Feldfrüchte darstellte. Aufgrund der Beihilfen, die die Ölmühlen erhielten, lagen die für die Erzeuger erzielbaren Preise für Rapssaaten deutlich über dem Weltmarktpreis. Durch diese Subventionierung wurden die Erlöse der Produzenten mit der Folge gestützt, daß Raps mit zahlreichen anderen Feldfrüchten konkurrieren konnte.

2.1.1.2 Neue Marktordnung

Die Änderung der Marktordnung im Jahr 1992 führte zu einer Spaltung des Marktes für Rapssaaten. Die Preise, die für Non-food-Raps gezahlt werden, liegen deutlich unter denjenigen für Food-Raps, was zur Folge hat, daß der Anbau von Non-food-Raps auf Basisflächen nicht wirtschaftlich ist und nur auf Stillegungsflächen in weniger intensiver Form erfolgt. Im folgenden Abschnitt wird dargestellt, zu welchen Ergebnissen die Literatur bezüglich der Konkurrenzfähigkeit des Anbaus von Non-food-Raps unter den veränderten Rahmenbedingungen kommt. Auch in diesem

---

[6] Vgl. Ortmaier (1990), S. 130 ff.

Abschnitt wird zunächst auf Studien eingegangen, die mit Simulationsmodellen arbeiten. Danach werden verschiedene Deckungsbeitragsrechnungen vergleichend betrachtet.

Die Methodik der Untersuchungen von *Kleinhanß* (1993a,b) entspricht im wesentlichen derjenigen seiner Arbeit von 1989. Ein Unterschied besteht darin, daß den Regelungen der neuen Marktordnung Rechnung getragen wird, indem hier davon ausgegangen wird, daß der Anbau von Non-food-Raps mit der Flächenstillegung konkurriert. *Kleinhanß* kommt zu dem Ergebnis, daß die Erzeugung von Non-food-Raps auf Stillegungsflächen bei Preisen in Höhe von 30 bis 35 DM/dt für einzelne Erzeuger wirtschaftlich wird. Eine wesentliche Ausweitung des Anbaus ist nach seinen Berechnungen jedoch erst bei Preisen über 45 DM/dt zu erwarten.

Bei vergleichbarer Vorgehensweise erhalten *Schefski, Kleinhanß* (1994,1995) Grenzkosten in ähnlicher Höhe. Sie ermitteln für Modellbetriebe in den neuen Bundesländern auf guten und mittleren Böden in Sachsen-Anhalt Grenzkosten für den Anbau von Non-food-Raps in Höhe von 25 DM/dt. Eine starke Ausweitung des Angebots ergibt sich bei Preisen zwischen 27 und 28 DM/dt. Eine Ausdehnung bis zur Höchstgrenze der stillgelegten Fläche würde jedoch erst bei Preisen über 42 DM/dt erfolgen[7]. Betriebe auf Standorten mit leichten und sehr leichten Böden weisen höhere Grenzkosten von über 30 bis 50 DM/dt auf. Simulationsrechnungen auf Basis von Daten aus Einzelbetrieben in den alten Bundesländer ergeben, daß dort der Anbau von Non-food-Raps bei Preisen von 32 DM/dt auf wenigen Standorten wirtschaftlich ist. Eine starke Zunahme des Angebots ergibt sich erst bei einem Preis von 37 DM/dt. Wird der Preis auf 38 bis 43 DM/dt erhöht, so erfolgt keine wesentliche weitere Ausdehnung des Anbaus. Die Autoren stellen jedoch fest, daß weit mehr Landwirte Non-food-Raps unterhalb der Grenze von 30 DM/dt anbauen, als die Modellrechnung erwarten läßt. Zur Erklärung nennen sie u.a. den hohen Vorfruchtwert des Winterrapses.

---

[7] Vgl. Schefski, Kleinhanß (1994), S. 18; Schefski, Kleinhanß (1995), S. 64.

Die im folgenden betrachteten Ergebnisse der unterschiedlichen Deckungsbeitragsrechnungen divergieren in Abhängigkeit von den verwendeten Größen für Preise, Erträge und Kosten. Die jeweils zugrundegelegten Werte und die Ergebnisse der Kalkulationen sind in Anhang 1 aufgeführt. In der Spalte "Ertragsniveau" sind die den verschiedenen Deckungsbeitragsrechnungen zugrundeliegenden Non-food-Rapserträge ausgewiesen. Die darauffolgenden Spalten geben die jeweils angenommenen Preise für Rapssaaten und die variablen Kosten der Rapssaatenerzeugung wieder. Die Ergebnisse der Rechnungen befinden sich in den letzten beiden Spalten, wobei zunächst die Deckungsbeiträge des Non-food-Rapses ohne Berücksichtigung der Stillegungsprämie dargestellt sind. In der letzten Spalte sind die Deckungsbeiträge unter Einbeziehung der Stillegungsprämie zu finden. Die zweite Tabelle enthält die in den Arbeiten angegebenen Deckungsbeiträge der Flächenstillegung.

Die in den verschiedenen Arbeiten unterstellten Erträge variieren zwischen 24 und 40 dt/ha, die Preise bewegen sich in einer Spanne von 25 bis 40 DM/dt. Auch die zugrundeliegenden variablen Kosten weichen teilweise erheblich voneinander ab und liegen zwischen 526 und 1020 DM/ha. Ein Großteil der Studien geht jedoch von variablen Kosten der Erzeugung von Non-food-Raps zwischen 800 und 1000 DM/ha aus. In diesem Rahmen bewegen sich auch die variablen Kosten, die das Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft für den Anbau von Winterraps angibt[8].

Die abweichenden Annahmen führen zu Unterschieden in den Ergebnissen. So errechnen *Makowski, Michel* (1994) bei divergierenden Preisen Deckungsbeiträge des Anbaus von Non-food-Raps oberhalb des Deckungsbeitrags der reinen Flächenstillegung sowohl für extensive als auch intensive Bewirtschaftung. Die *Bund-Länder-Arbeitsgruppe Nachwachsende Rohstoffe* (1995) kommt bei gleicher Vorgehensweise dagegen zu dem Ergebnis, daß die Stillegung wirtschaftlich vorteilhaft ist[9]. Der Grund für die abweichenden Resultate liegt vor allem darin, daß *Makowski, Michel* im Unterschied zu anderen Studien geringere variable Kosten

---

[8] Vgl. Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft (1997).
[9] Vgl. Bund-Länder-Arbeitsgruppe Nachwachsende Rohstoffe (1995), S. 139.

annehmen. Die Ergebnisse von *Pahl, Hoffmann, Steinhauser* (1994) und *Geschlbauer* (1994) stimmen im wesentlichen mit den Resultaten der *Bund-Länder-Arbeitsgruppe* überein. Die von *Pahl, Hoffmann, Steinhauser* errechneten Deckungsbeiträge sprechen dafür, daß der Anbau von Non-food-Raps bei Erträgen von ca. 30 dt/ha gegenüber der Stillegung konkurrenzfähig werden kann, wobei die erzielbaren Preise nicht unter 30 DM/dt liegen dürfen[10]. In der Studie von *Geschlbauer* wird keine Angabe über den Deckungsbeitrag der Stillegung gemacht[11].

Makowski, Michel (1994) führen zusätzlich, ausgehend von einem Preis von 25 DM/dt Rapssaaten, eine Deckungsbeitragsrechnung unter Berücksichtigung der fixen Kosten durch. Aufgrund der Einbeziehung der Fixkosten verschlechtert sich die Wettbewerbsfähigkeit des Anbaus von Non-food-Raps erheblich. Der Deckungsbeitrag des extensiven Anbaus sinkt von 705 DM/ha auf 433 DM/ha. Bei intensiver Bewirtschaftung ergibt sich eine Reduktion des Deckungsbeitrags von 603 DM/ha auf 228 DM/ha. Die Berücksichtigung der Fixkosten führt demnach zu Deckungsbeiträgen des Non-food-Rapses, die unterhalb der Werte der Stillegung in Höhe von 504 DM/ha (intensive Bewirtschaftung) bzw. 598 DM/ha (extensive Bewirtschaftung) liegen.

Janinhoff (1998a) bezieht in seine Deckungsbeitragsrechnung verschiedene zusätzliche Aspekte ein, die bei der Entscheidung der Landwirte über den Anbau von Non-food-Raps eine Rolle spielen, jedoch von mehreren anderen Autoren nicht beachtet werden. Hierzu zählen der Vorfruchtwert des Rapses sowie Herbizideinsparungen und Bestellerleichterungen für die Nachfrucht, die sich durch den Anbau von Non-food-Raps gegenüber der Flächenstillegung ergeben. *Janinhoff* ermittelt, ausgehend von dem in Anhang 1 angegebenen Deckungsbeitrag in Höhe von -236 DM/ha, einen korrigierten Deckungsbeitrag, der diese Faktoren berücksichtigt. Dieser liegt mit -46 DM/ha deutlich über dem Deckungsbeitrag der Flächenstillegung von -230 DM/ha. Bei Einrechnung des Mehraufwands an Arbeitsstunden, der durch den Anbau von Non-food-Raps gegenüber der stillgelegten Fläche erforderlich ist,

---

[10] Vgl. Pahl, Hoffmann, Steinhauser (1994), S. 112 f.
[11] Vgl. Geschlbauer (1994), S. 123.

reduziert sich der Deckungsbeitrag auf -226 DM/ha und entspricht damit annähernd dem Ausmaß bei Flächenstillegung in Höhe von -230 DM/ha.

Eine andere Vorgehensweise wählen *Bertram* (1994b) und *Langbehn, Meyer* (1994, 1995). *Bertram* errechnet diejenigen Preise für Non-food-Raps, die bei unterschiedlichen Ertragsniveaus notwendig sind, um identische Deckungsbeiträge wie bei Stillegung zu erreichen. Er kommt zu dem Ergebnis, daß der Anbau von Non-food-Raps bei Ertragsniveaus zwischen 24 und 30 dt/ha mit der Flächenstillegung konkurrieren kann, wenn Preise von mindestens 30 DM/dt erzielt werden können[12]. Die Ergebnisse von *Langbehn, Meyer* (1994, 1995) stimmen mit diesen Resultaten überein[13]. Ein Unterschied besteht nur in der Ausgangsgröße. Die Autoren dieser Studie legen bei ihren Berechnungen Preise für Non-food-Raps zwischen 27 und 30 DM/dt zugrunde und ermitteln Erträge in Höhe von 31 bis 34 dt/ha, die notwendig sind, damit der Deckungsbeitrag für Non-food-Raps mit dem Wert der reinen Flächenstillegung übereinstimmt.

Insgesamt sprechen die Ergebnisse tendenziell dafür, daß der Anbau von Non-food-Raps im Fall relativ niedriger Erträge von etwa 25 dt/ha bei Preisen in Höhe von 30 DM/dt mit der Flächenstillegung konkurrieren kann. Bei höheren Erträgen von 30 bis zu 40 dt/ha liegen die erforderlichen Preise dementsprechend niedriger bei etwa 25 DM/dt. Zur Ernte 1997 wurden in den meisten Bundesländern Erträge von etwa 25 dt/ha erzielt; der Preis für Non-food-Raps betrug in den Jahren 1995 bis 1997 durchschnittlich 27 DM/dt. Wendet man die Ergebnisse der vorliegenden Studien auf die gegenwärtigen Marktbedingungen an, so kann man schließen, daß der Anbau von Non-food-Raps derzeit für die meisten Landwirte nicht wirtschaftlich ist. Zudem ist zu beachten, daß die Berücksichtigung der durch den Anbau entstehenden Fixkosten die Wettbewerbsposition von Non-food-Raps deutlich verschlechtert.

---

[12] Vgl. Bertram (1994b), S. 92.

[13] Vgl. Langbehn, Meyer (1994), S. 119 f.; Langbehn, Meyer (1995), S. 96 f.

2.1.2 Vergleich der Bereitstellungskosten für Rapsöltreibstoffe und mineralischen Dieselkraftstoff

In diesem Abschnitt werden die Berechnungsverfahren der einzelnen Studien für die Bereitstellungskosten der Rapsöltreibstoffe dargestellt und soweit möglich verglichen. Die Bereitstellungskosten setzen sich aus den Rohstoffkosten für Rapssaaten, den Kosten der Weiterverarbeitung in der Ölmühle sowie den Kosten für Motorumrüstung und Mehrverbrauch zusammen. Ein detaillierter Vergleich der einzelnen Kostenkomponenten ist jedoch nicht möglich, da die Kosten der Weiterverarbeitung der Rapssaaten in den einzelnen Studien sehr unterschiedlich aufgeschlüsselt sind. Zunächst werden auch hier die Studien betrachtet, die sich bei der Berechnung auf die alte Marktordnung vor 1992 beziehen.

2.1.2.1 Alte Marktordnung

Folkers (1992) ermittelt die Bereitstellungskosten für Rapsöl auf Grundlage des Interventionspreises, der den Landwirten vor 1992 von der EG gewährt wurde.[14] Durch Subtraktion der Transport- und Verarbeitungskosten und Berücksichtigung der Erlöse aus dem Verkauf des Kuppelprodukts Rapsschrot ergeben sich bei zentraler Verarbeitung der Rapssaaten Bereitstellungskosten für Rapsöl in Höhe von mindestens 1,80 bis 1,90 DM/l. Bei dezentraler Verarbeitung liegen die Kosten mit 2,00 bis 2,40 DM/l etwas höher. Unabhängig vom technischen Verfahren der Verarbeitung ergeben sich durch die Einbeziehung der Kosten für Motorumrüstung bzw. Umesterung Verwendungskosten von mindestens 2,40 DM/l.

Die Studie von *Friedrich u.a.* (1993) enthält ebenfalls Angaben zu den Bereitstellungskosten von RME[15]. Unter Verweis auf eine Arbeit von *Synassen* (1991) und auf Angaben der *Bundesregierung* (1991) ermitteln die Autoren Bereitstellungskosten für RME in Höhe von 1,85 DM/l bis 2,31 DM/l. Bei

---

[14] Vgl. Folkers (1992), S. 149 ff.
[15] Vgl. Friedrich u.a. (1993), S. 123 ff.

Berücksichtigung des höheren volumetrischen Verbrauchs von RME gegenüber Dieselkraftstoff ergeben sich daraus Kosten von ca. 2,00 bis 2,50 DM/l DKÄ.

Zu vergleichbaren Ergebnissen gelangt die *Bund-Länder-Arbeitsgruppe Nachwachsende Rohstoffe* (1990)[16]. Die von ihr ermittelten Bereitstellungskosten für Rapsöl betragen bei zentraler Verarbeitung der Rapssaaten bis zu 1,85 DM/l. Bei dezentraler Verarbeitung steigen sie auf etwa 2,05 DM/l. Nur aufgrund der staatlichen Förderung des Rapsöls durch Beihilfen und Steuervergünstigungen wird erreicht, daß der Einsatz von Rapsöl als Dieselsubstitut für private Verbraucher und gewerbliche Unternehmer wirtschaftlich wird. Da die Studie die Kosten für Motorumrüstung bzw. Umesterung nicht berücksichtigt, gelten die angegebenen Werte nur unter der Annahme, daß die Verwendung von reinem Rapsöl in serienmäßig gefertigten Motoren möglich ist. Solange dies nicht der Fall ist, müssen nach Angaben der Autoren zusätzliche Kosten in Höhe von ca. 0,16 DM/l (Motoranpassung) bzw. 0,30 DM/l (Umesterung) berücksichtigt werden.

Kaltschmitt, Wiese (1994) errechnen auf Basis von Produktionskosten für Winterraps zwischen 2730 und 2980 DM/ha Bereitstellungskosten in Höhe von 2,14 bis 2,50 DM/l Rapsöl[17]. Der Vergleich mit dem Tankstellenpreis für Dieselkraftstoff in Höhe von 1,07 DM/l zeigt, daß die Bereitstellungskosten für Rapsöl um mehr als das Doppelte höher liegen. Auch hier sind die Kosten für Umesterung oder Motorumrüstung sowie Transportkosten noch nicht berücksichtigt. Werden diese einbezogen, so ergibt sich nochmals eine Verschlechterung der Kostenrelation.

Die Resultate von *Auerbach* (1992) stimmen im wesentlichen mit diesen Ergebnissen überein. Er ermittelt, ausgehend von zwei Ertragsvarianten (30 und 36 dt/ha), die Kosten der Rapssaatenerzeugung als Grundlage der Berechnung der Nettokosten von reinem Rapsöltreibstoff und RME[18]. Dabei führt er alternative Rechnungen für unterschiedliche Größen der Verarbeitungsanlagen durch. Für reinen Rapsöltreibstoff resultieren Nettokosten zwischen 1,82 und 2,93 DM/l (30 dt/ha)

---

[16] Vgl. Bund-Länder-Arbeitsgruppe Nachwachsende Rohstoffe (1990), S. 148 ff.
[17] Vgl. Kaltschmitt, Wiese (1994), S. 59.
[18] Vgl. Auerbach (1992), S. 70 ff.

bzw. zwischen 1,35 und 1,75 DM/l (36 dt/ha). Die Nettokosten für RME betragen 1,82 bis 2,93 DM/l DKÄ (30 dt/ha) bzw. 1,53 bis 2,62 DM/l DKÄ (36 dt/ha), wenn von der Verarbeitung in relativ kleinen Ölmühlen ausgegangen wird. Bei großindustrieller Erzeugung von RME, d.h. bei Nutzung der kostengünstigsten Anlage, geht *Auerbach* von Nettokosten zwischen 1,69 DM/l DKÄ (30 dt/ha) und 1,45 DM/l DKÄ (36 dt/ha) aus.

Scharmer, Sauer (1991) errechnen die Kosten der Bereitstellung der Rapsöltreibstoffe ausgehend von variierenden Deckungsbeiträgen von 1000, 1200 und 1400 DM/ha Rapssaaten. Auf dieser Basis ergeben sich Bereitstellungskosten bei zentraler Verarbeitung von 1,10 DM bis 1,55 DM/l reinem Rapsöltreibstoff bzw. 1,48 bis 2,14 DM/l DKÄ und von 1,18 bis 1,62 DM/l RME bzw. 1,38 bis 1,91 DM/l DKÄ.

Kleinhanß (1989) ermittelt die Grenzkosten der Rapsölerzeugung mit Hilfe eines Simulationsmodells[19]. Nach seinen Berechnungen liegen die Grenzkosten zwischen 1,55 und 2,10 DM/kg. Allerdings ergibt sich bei Preisen zwischen 1,55 und 1,70 DM/kg nur ein sehr geringes Angebot. Größere Mengen werden danach erst bei Preisen zwischen 1,80 bis 2,10 DM/kg Rapsöl bereitgestellt.

Etwas geringer sind die von *Kleinhanß, Kerckow, Schrader* (1992) errechneten Bereitstellungskosten[20]. Die Resultate ihrer Studie sprechen dafür, daß Rapsöl unter günstigen Standortbedingungen zu Grenzkosten in Höhe von 1,21 DM/kg produziert werden kann, allerdings ist das Erzeugerpotential bei diesem Preis sehr gering. Angebotsausweitungen ergeben sich bei Preisen zwischen 1,30 und 1,50 DM/kg. Bei Grenzkosten von 1,80 DM/kg resultiert keine weitere wesentliche Angebotsausweitung.

Ausgehend von der Feststellung, daß Rapsöltreibstoffe nur dann mit Dieselkraftstoff konkurrieren können, wenn ihre Preise den abgabenfreien Dieselpreis nicht übersteigen, errechnen *Doleschel, Steinhauser, Heißenhuber* (1988) den Deckungsbeitrag von Raps, der erzielbar wäre, wenn die Tankstellenpreise für Rapsöl und

---

[19] Vgl. Kleinhanß (1989), S. 276.
[20] Vgl. Kleinhanß, Kerckow, Schrader (1992), S. 51.

RME dem Dieselpreis von 0,50 DM/l entsprächen[21]. Preisgleichheit von Rapsöl und Dieselkraftstoff ist unter diesen Annahmen nur dann möglich, wenn der durch den Anbau von Raps erzielte Deckungsbeitrag nicht höher als -600 DM/ha Rapssaaten ist. Geht man von der Verarbeitung der Rapssaaten zu RME aus, so liegt der maximal mögliche Deckungsbeitrag mit -900 DM/ha nochmals deutlich niedriger. Das bedeutet, daß die unter diesen Bedingungen erzielbaren Erlöse aus dem Verkauf der Rapssaaten nicht ausreichen, um die variablen Kosten der Rapsproduktion zu decken. Da der Anbau von Raps zur Treibstoffproduktion unter diesen Voraussetzungen für die Landwirte nicht wirtschaftlich ist, können Rapsöl und RME verglichen mit Dieselkraftstoff nur durch den Einsatz erheblicher Subventionen konkurrenzfähig werden. Die Autoren kommen zu dem Ergebnis, daß der Anbau von Raps zur Treibstoffproduktion bei Beihilfen in Höhe von 50 DM/dt erst bei einem Preis für Rapsöltreibstoff von DM 0,75 DM/kg DKÄ konkurrenzfähig wird. Geht man von Beihilfen in Höhe von 22 DM/dt aus, ist der Anbau ab einem Preis von 1,50 DM/kg DKÄ wirtschaftlich.

Schmoltzi (1989) errechnet die Bereitstellungskosten für Rapsöl bezogen auf das Wirtschaftsjahr 1987/88, indem er von dem Marktordnungspreis für Rapssaaten ausgeht, den die Landwirtschaft erhält. In die Berechnung gehen die Kosten für die Verarbeitung der Rapssaaten zu Rapsöl sowie die Kosten für Transport und Vertrieb des Rapsöls ein[22]. Ohne Berücksichtigung von Verarbeitungsbeihilfen für Rapssaaten ergeben sich bei zentraler Verarbeitung Bereitstellungskosten für Rapsöl in Höhe von 1,86 DM/l. Werden die Beihilfen einbezogen, so sinken die Kosten auf 0,59 DM/l. Bei dezentraler Verarbeitung der Rapssaaten betragen die Bereitstellungskosten ohne Beihilfen 2,04 DM/l bzw. mit Beihilfen 0,51 DM/l Rapsöl. Aufgrund dieser Werte kommt der Autor zu dem Schluß, daß auch erzeugernahe Ölmühlen gegenüber der zentralen Verarbeitung konkurrenzfähig sein können. Unter Zugrundelegung des Weltmarktpreises für Rapsöl im Jahr 1987 in Höhe von 0,50 DM/l und der damaligen Rechtsgrundlage ergibt sich die Konsequenz, daß Rapsöl dem Privatverbraucher für 0,64 DM/l hätte bereitgestellt werden können,

---

[21] Vgl. Doleschel, Steinhauser, Heißhuber (1988), S. 917 f.
[22] Vgl. Schmoltzi (1989), S. 411 ff.

während Dieselkraftstoff 0,92 DM/l kostete[23]. Die Ursachen für dieses Ergebnis zugunsten des Rapsöls liegen in den günstigen Preisbedingungen für rohes Rapsöl im Jahr 1987. Zudem geht *Schmoltzi* davon aus, daß die Verwendung von Rapsöl in serienmäßig gefertigten Motoren möglich ist, d.h. er vernachlässigt die Kosten für Umrüstung bzw. Umesterung. Für das Jahr 1984 ermittelt der Autor bei Einrechnung der Verarbeitungsbeihilfen Bereitstellungkosten in Höhe von 2,01 DM/l Rapsöl, die damit tendenziell den Werten der anderen Studien entsprechen.

Beim Vergleich der in den einzelnen Studien ermittelten Bereitstellungskosten für Rapsöl bzw. RME mit dem abgabenfreien Dieselpreis von 0,40 bis 0,50 DM/l ergibt sich ein erhebliches Wettbewerbsdefizit für die Rapsöltreibstoffe. Die Ergebnisse der Studien weisen damit grundsätzlich auf fehlende Konkurrenzfähigkeit der Rapsöltreibstoffe gegenüber dem Dieselkraftstoff zu den vor 1992 geltenden Rahmenbedingungen hin. Im folgenden Abschnitt wird betrachtet, wie die Wettbewerbsfähigkeit von Rapsöl bzw. RME nach Änderung der Ölsaatenmarktordnung in der Literatur bewertet wird.

2.1.2.2 Neue Marktordnung

Graf, Breitschuh, Vetter (1994) führen eine Kostenkalkulation für die Erzeugung von rohem Rapsöl durch. Dabei unterstellen sie einen Einkaufspreis für Rapssaaten von 30 DM/dt und die Verarbeitung der Rapssaaten in dezentralen Anlagen (Jahresleistung 500 t). Sie ermitteln Kosten in Höhe von 1,41 DM/l, denen Erlöse aus dem Verkauf des Rapsöls und seiner Nebenprodukte in Höhe von 1,35 DM/l gegenüberstehen[24]. Unter diesen Bedingungen ist die Erzeugung von rohem Rapsöl demnach mit Verlusten verbunden. Eine kostendeckende Produktion von Rapsöl ist nach den Berechnungen der Autoren erst bei Rapssaatenpreisen von weniger als 28 DM/dt möglich. Daraus kann jedoch noch nicht geschlossen werden, daß Rapsöl und RME unter diesen Bedingungen gegenüber Dieselkraftstoff konkurrenzfähig sind. Zu den Kosten der Erzeugung von rohem Rapsöl müssen die Kosten für die

---

[23] Vgl. Schmoltzi (1989), S. 418.
[24] Vgl. Graf, Breitschuh, Vetter (1994), S. 13.

Weiterverarbeitung zu Rapsöltreibstoffen hinzugerechnet werden, um einen realistischen Vergleichsmaßstab zu erhalten.

Kleinhanß (1993a) errechnet die Bereitstellungskosten von RME und Rapsöl auf Basis variierender Rapssaatenpreise. Ausgehend von Preisen zwischen 25 und 60 DM/dt ermittelt er Kosten für RME zwischen 654 und 1543 DM/t und für Rapsöl zwischen 420 und 1309 DM/t. Als Vergleichswert wählt er den Substitutionswert von RME in Höhe von 462 DM/t. Dieser gibt die Grenze für die Bereitstellungskosten von RME an, die nicht überschritten werden darf, damit die Kosten der Verwendung von RME unter Berücksichtigung des Mehrverbrauchs nicht höher sind als der abgabenfreie Dieselpreis. Der Vergleich zeigt, daß die Bereitstellungskosten von RME bei keinem der angenommenen Rapssaatenpreise unter dem Substitutionswert liegen[25]. Rapsöltreibstoffe als Substitute für Dieselkraftstoff können nach den Ergebnissen von *Kleinhanß* nur dann wettbewerbsfähig sein, wenn der Einsatz von reinem Rapsöl in serienmäßig gefertigten Motoren möglich ist, d.h. wenn Kosten für Umesterung oder Motorumrüstung nicht anfallen. Zudem sind die errechneten Kosten nur dann realistisch, wenn die Verarbeitung der Rapssaaten in zentralen Großanlagen erfolgt.

Die *Bund-Länder-Arbeitsgruppe Nachwachsende Rohstoffe* (1995) beurteilt die Wirtschaftlichkeit der Verwendung von Rapsöl und RME anhand der Tankstellenpreise für Rapsöltreibstoffe und Dieselkraftstoff. Die ermittelten Preise betragen 1,17 DM pro Liter reinen Rapsöls und 1,19 DM pro Liter RME. Sie ergeben sich durch Verarbeitungskosten in Höhe von 0,74 DM/l Rapsöl bzw. 0,69 DM/l RME sowie Rohstoffkosten von 0,35 DM pro Liter rohen Rapsöls[26]. Der Vergleich mit dem Dieselpreis von 1,16 DM/l zeigt einen leichten Wettbewerbsnachteil für Rapsöltreibstoffe. Dabei ist zu beachten, daß sich die annähernde Preisgleichheit von Rapsöltreibstoffen und Dieselkraftstoff nur bei einem Vergleich der Tankstellenpreise ergibt. Da RME und Rapsöl im Gegensatz zu Diesel von der Mineralölsteuer befreit sind, wird bei Gegenüberstellung der abgabenfreien Preise der Kraftstoffe jedoch ein erhebliches Wettbewerbsdefizit für Rapsöl sichtbar.

---

[25] Vgl. Kleinhanß (1993a), S. 108 f.

[26] Vgl. Bund-Länder-Arbeitsgruppe Nachwachsende Rohstoffe (1995), S. 141 f.

Die Ergebnisse von *Stiens, Löhr* (1994) verdeutlichen, in welchem Maß sich der Tankstellenpreis von RME infolge einer Variation der Preise für Non-food-Raps ändert[27]. Bei Erlösen für die Erzeuger in Höhe von 25 DM/dt Non-food-Raps beträgt der ermittelte Tankstellenpreis 1,16 DM/l RME. Dieser Preis steigt auf 1,67 DM/l, wenn ein um 20 DM/dt höherer Rapspreis zugrundegelegt wird. Die Autoren errechnen zudem den Tankstellenpreis von RME, der sich bei variierenden Rohstoffkosten und Erlösen für Rapsschrot ergibt. Die Ergebnisse weisen darauf hin, daß ein Preis unter 1,10 DM/l RME nur bei einem Rapssaatenpreis von nicht mehr als 25 DM/dt und Rapsschroterlösen über 20 DM/dt erreicht werden kann.

Eine andere Vorgehensweise zur Beurteilung der Wirtschaftlichkeit von Rapsöltreibstoffen wählt *Leifert* (1996)[28]. Er ermittelt die Kosten der Produktion von Rapsöl und RME sowie die Erlöse aus dem Verkauf der Rapsöltreibstoffe und der Nebenprodukte unter Verwendung von Daten für verschiedene Anlagentypen und Verarbeitungsverfahren. Bei seinen Berechnungen setzt er voraus, daß Rapsöl und RME Tankstellenpreise erzielen, die mit dem Dieselpreis übereinstimmen. Als Saldo aus Kosten und Erlösen ergeben sich die Preise, die den Produzenten von Rapssaaten pro Tonne unter diesen Bedingungen maximal gezahlt werden können. Sie liegen je nach Größe der Verarbeitungsanlage zwischen 27 DM/t und 102 DM/t Rapssaaten. Am größten fällt die Differenz zwischen Erlösen und Kosten aus, wenn RME in Großanlagen produziert wird. *Leifert* errechnet die Deckungsbeiträge, die sich ausgehend von diesen Preisen für die Erzeuger ergeben. Der höchste erzielbare Deckungsbeitrag beträgt demnach -463 DM/ha. Dieses Ergebnis spricht dafür, daß konkurrenzfähige Tankstellenpreise für Rapsöl bzw. RME nicht ohne Subventionen erreicht werden können.

Zu einem positiven Fazit bezüglich der Wettbewerbsfähigkeit von RME gegenüber Dieselkraftstoff gelangt *Bertram* (1993a, b)[29]. Er ermittelt ausgehend von einem Preis für Non-food-Raps von 28 DM/dt einen Tankstellenpreis für RME in Höhe von 90,78

---

[27] Vgl. Stiens, Löhr (1994), S. 71f.
[28] Vgl. Leifert (1996), 27 ff.
[29] Vgl. Bertram (1993a), S. 153 f.; Bertram (1993b), S. 357 f.

bis 109,10 DM/100 l[30]. Der Autor kommt zu dem Schluß, daß volle Konkurrenzfähigkeit von RME gegenüber Dieselkraftstoff bei einem Bereitstellungspreis von 1,00 bis 1,10 DM/l erreicht werden kann, der für 1994 angenommen wird. In einer späteren Studie errechnet der Autor auf der Grundlage eines Rapserzeugerpreises von 30 DM/dt Bereitstellungskosten für RME zwischen 90,25 und 120,52 DM/100 l[31]. Dieses Resultat spricht dafür, daß auch bei einem relativ hohen Preis für Non-food-Raps eine Übereinstimmung der Tankstellenpreise von RME und Diesel möglich ist, wenn günstige Verarbeitungsbedingungen gegeben sind.

Die Wirtschaftlichkeit von Rapsöltreibstoffen gegenüber Dieselkraftstoff wird in der vorliegenden Literatur nicht einheitlich bewertet. Ein wesentlicher Grund für die divergierenden Einschätzungen liegt in der Wahl der Vergleichsgrößen. Einige Arbeiten stellen die abgabenfreien Preise von Rapsöl bzw. RME und Dieselkraftstoff gegenüber und ermitteln auf diese Weise ein Wettbewerbsdefizit für Treibstoffe aus Rapsöl. Andere Studien gelangen aufgrund der Tatsache, daß die Tankstellenpreise von Rapöl und RME in ähnlicher Größenordnung liegen wie der Tankstellenpreis von Diesel zu einem positiven Fazit, mit der Begründung, daß Rapsöltreibstoffe unter der neuen Marktordnung an der Tankstelle mit mineralischem Dieselkraftstoff konkurrieren können. Diese unterschiedlichen Bewertungen sind nur scheinbar gegensätzlich. Die Differenz zwischen den abgabenfreien Preisen schlägt sich nicht in den Tankstellenpreisen nieder, da Rapsöltreibstoffe von der Mineralölsteuer befreit sind. Grundsätzlich ist zu bemerken, daß sich durch die Änderung der Marktordnung im Jahr 1992 eine erhebliche Senkung der Bereitstellungkosten von Rapsöl und RME ergab. Die Ursache liegt vor allem darin, daß durch die Möglichkeit des Anbaus von Raps zur Treibstoffproduktion auf Stillegungsflächen der Preis für Non-food-Raps deutlich unter den Preis für Food-Raps gesunken ist. Es stellt sich die Frage, ob damit eine grundsätzlich andere Einschätzung der Rapsöloption verbunden ist als vor der Reform der Marktordnung.

---

[30] Vgl. Bertram (1993a), S. 153; Bertram (1993b), S. 358.
[31] Vgl. Bertram (1994b), S. 92.

2.2 Volkswirtschaftliche Beiträge

Die vorhandene Literatur zu den volkswirtschaftlichen Aspekten der Verwendung von Rapsöl als Treibstoff ist deutlich weniger umfangreich als die betriebswirtschaftliche Literatur. Die meisten Quellen beschränken sich auf die Berechnung des Wettbewerbsdefizits der Rapsöltreibstoffe im Vergleich zu mineralischem Dieselkraftstoff und des daraus abgeleiteten Subventionsbedarfs. Analog zum Vorgehen bei der Auswertung der betriebswirtschaftlichen Literatur ist auch hier danach zu unterscheiden, ob bei den Studien die alte oder die neue Marktordnung für den Anbau von Ölsaaten zugrundegelegt wurde.

Zunächst werden Studien betrachtet, denen die alte Marktordnung zugrundeliegt. *Auerbach* (1992)[32] berechnet den mit der Verwendung von Rapsöltreibstoffen verbundenen Subventionsbedarf aus der Differenz zwischen dem Nettodieselpreis und den spezifischen Erzeugungskosten von reinem Rapsöltreibstoff bzw. RME. Für reinen Rapsöltreibstoff ermittelt er einen Subventionsbedarf, der in Abhängigkeit von der unterstellten Größe der Verarbeitungsanlagen und dem Ertragsniveau zwischen 0,87 und 1,60 DM pro Liter Dieselkraftstoffäquivalent liegt. Für RME liegt der entsprechende Subventionsbedarf je nach Annahme zwischen 0,97 und 2,45 DM pro Liter Dieselkraftstoffäquivalent. *Folkers* (1992) beziffert das Wettbewerbsdefizit der Rapsöltreibstoffe im Vergleich zu mineralischem Dieselkraftstoff auf mindestens 2 DM/l. Unter der Annahme, daß 1,5 Mio. t Dieselkraftstoff durch Rapsöltreibstoff substituiert werden, kommt *Folkers* zu einem mit der Verwendung von Rapsöltreibstoffen verbundenen Subventionsaufwand in Höhe von 3 Mrd. DM[33]. Da diesen hohen Kosten keine entsprechend hohen Nutzen gegenüberstehen, kommt er zu dem Ergebnis, daß die Nutzung von Rapsöl als Treibstoff aus volkswirtschaftlicher Sicht nicht sinnvoll ist. *Kleinhanß, Kerckow, Schrader* (1992) berechnen bei einer Erzeugungsmenge von 29 000 t einen Subventionsbedarf in Höhe von 18,36 Mio. DM. Bei einer Ausweitung der Produktionsmenge würde der Subventionsaufwand kontinuierlich ansteigen. Würde die Verwendungsmenge auf 666 000 t ausgeweitet, so wäre mit einem Subventionsaufwand von 592,37 Mio. DM

---

[32] Vgl. Auerbach (1992), S. 134.
[33] Vgl. Folkers (1992), S. 152 ff.

zu rechnen[34]. *Wintzer u.a.* (1993) beziffern den Subventionsbedarf bei gegenwärtigen Produktionsverhältnissen für RME auf 218 DM/MWh und für reinen Rapsöltreibstoff auf 212 DM/MWh. Bis zum Jahr 2005 erwarten die Autoren, daß der Subventionsbedarf für RME auf 135 DM/MWh und für reinen Rapsöltreibstoff auf 109 DM/MWh absinkt[35].

Eine Berechnung des Wettbewerbsdefizits der Rapsöltreibstoffe unter dem neuen Marktordnungsregime für Ölsaaten wurde von *Kleinhanß* (1993a) vorgelegt. *Kleinhanß* berechnet für gegenwärtige Produktionsmengen einen Subventionsaufwand in Höhe von 17,9 bis 25,6 Mio DM. Der Autor geht davon aus, daß der notwendige Subventionsaufwand bei einer Ausdehnung der Produktionsmengen deutlich ansteigen würde und je nach Annahme zwischen 152,9 und 127,5 Mio. DM läge[36].

Über den Subventionsaufwand hinaus werden volkswirtschaftliche Fragen der Verwendung von Rapsöltreibstoffen nur vereinzelt analysiert. Bezüglich der Beschäftigungswirkung kommen *Wintzer u.a.* (1993)[37] zu dem Ergebnis, daß mit dem Anbau und der Verarbeitung von 1 bzw. 2 Mio. ha Non-food-Raps rund 5000 bzw. 9000 Vollzeitarbeitskräfte zusätzlich beschäftigt werden können. Dabei werden nur die direkten Beschäftigungswirkungen in den Bereichen Anbau und Ernte, Transport und Gewinnung bzw. Konditionierung abgeschätzt. Indirekte Effekte auf die Beschäftigung in den vor- und nachgelagerten Bereichen oder negative Effekte aufgrund des geringeren Mineralölverbrauchs oder der Subventionswirkungen auf die Beschäftigung in anderen Wirtschaftsbereichen wurden dabei nicht berücksichtigt. *Schöpe* (1996) verwendet für die Analyse der gesamtwirtschaftlichen Wirkungen ein Modell, in dem die Produktion von RME über eine Input-Output-Analyse mit dem Rest der Volkswirtschaft verknüpft wird. Die Auswirkungen der Förderung der Rapsölproduktion werden dann über die Berechnung keynesianischer

---

[34] Vgl. Kleinhanß, Kerckow, Schrader (1992), S. 62 ff.
[35] Vgl. Wintzer u.a. (1993), S. IV-37.
[36] Vgl. Kleinhanß (1993a), S. 109 ff.
[37] Vgl. Wintzer u.a. (1993), S. VI-11 ff.

Einkommensmultiplikatoren ermittelt[38]. Dabei berechnet *Schöpe* unter Zugrundelegung einer Anbaufläche von 300 000 ha einen zusätzlichen Beschäftigungseffekt in Höhe von etwa 5000 Beschäftigten. Auch hier handelt es sich nicht um Nettoeffekte, sondern um Bruttogrößen.

Von besonderer Relevanz ist bei einer volkswirtschaftlichen Betrachtung die Wirkung der Verwendung von Rapsöl als Treibstoff auf das Sozialprodukt bzw. die gesamtwirtschaftliche Wohlfahrt. Bei einer Anbaumenge von 300 000 ha errechnet *Schöpe* einen Beitrag der Rapsöltreibstoffe zum Sozialprodukt in Höhe von ca. 540 Mrd. DM. Insgesamt kommt der Autor zu dem Ergebnis, daß die Perspektiven für eine positive volkswirtschaftliche Bilanz der Herstellung von RME in Deutschland langfristig als positiv eingestuft werden können. Zu einem entgegengesetzten Ergebnis kommen *Kleinhanß, Kerckow, Schrader* (1992). Sie ermitteln für alle Produktionsmengen einen gesamtwirtschaftlichen Wohlfahrtsverlust, der je nach Produktionsmenge zwischen 17 und 727 Mio. DM liegt[39]. Daher kommen die Autoren zu dem Schluß, daß die Verwendung von RME aus gesamtwirtschaftlicher Sicht nicht als sinnvolle Lösung angesehen werden kann. Für die Verwendung von reinem Rapsöltreibstoff in Vorkammer- bzw. Duothermmotoren kommen *Kleinhanß, Kerkow, Schrader* zu einem ähnlichen Ergebnis. Auch diese Verwendungsrichtungen sind aus gesamtwirtschaftlicher Sicht abzulehnen. Dieses Ergebnis wird durch eine weitere Studie von *Kleinhanß* (1993a) gestützt. Dort berechnet der Autor je nach Szenario einen mit der Nutzung von Rapsöltreibstoffen verbundenen gesamtwirtschaftlichen Verlust, der zwischen 15,9 und 135,6 Mio. DM liegt. Pro t RME entspricht dies einem gesamtwirtschaftlichen Verlust in Höhe von etwa 510 DM[40].

Insgesamt macht die Auswertung der Literatur deutlich, daß volkswirtschaftliche Fragen der Verwendung von Rapsöltreibstoffen bisher nur in begrenztem Maße analysiert worden sind. Zudem weisen die vorhandenen Studien eine Reihe von methodischen Problemen auf, so daß man zu dem Ergebnis kommen muß, daß viele

---

[38] Zur Frage der Sinnhaftigkeit der Verwendung eines solchen Modells für die betrachtete Frage vergleiche Kapitel 5.3.1.1.

[39] Vgl. Kleinhanß, Kerckow, Schrader (1992), S. 65 ff.

[40] Vgl. Kleinhanß (1993a), S. 109 ff.

der mit der Verwendung der Rapsöltreibstoffe verbundenen volkswirtschaftlichen Aspekte noch nicht in ausreichendem Maße untersucht worden sind.

2.3 Umweltökonomische Beiträge

Im dritten Teil der Literaturübersicht werden Studien dargestellt, die sich mit der Frage beschäftigen, in welchem Ausmaß Emissionen vermieden werden können, wenn Dieselkraftstoff durch Rapsöltreibstoffe substituiert wird und wie hoch die CO_2-Minderungskosten der Rapsöltreibstoffe im Vergleich zu alternativen Optionen sind. In einigen Arbeiten werden neben dem CO_2-Minderungspotential weitere durch die Verbrennung von Rapsöltreibstoffen entstehende Schadstoffe berücksichtigt. Da bisher keine standardisierte Vorgehensweise für die Erstellung von Ökobilanzen existiert, ist die von den Autoren gewählte Methodik nicht einheitlich. Unterschiede bestehen insbesondere darin, welche Produktions- und Verarbeitungsschritte in die Bilanzierung einbezogen werden.

Reinhardt (1993) vergleicht die CO_2-Emissionen der Erzeugung und Nutzung von Rapsöl bzw. RME und mineralischem Dieselkraftstoff und erstellt eine Energiebilanz für Rapsöltreibstoffe und Diesel. Dabei geht er vom Anbau der Rapssaaten auf Brachland aus. Für die bei der Rapsöl- bzw. RME-Produktion anfallenden Kuppelprodukte werden Gutschriften auf Basis von Äquivalenzprozessen eingerechnet[41]. D.h. zunächst werden alle Umweltbelastungen für den Lebensweg der Rapsöltreibstoffe erfaßt; in einem zweiten Schritt werden dann die Umweltbelastungen derjenigen Produkte, die durch Kuppelprodukte aus der Rapsöl- bzw. RME-Herstellung substituiert werden können, ermittelt und dem Hauptprodukt gutgeschrieben. Die Studie kommt zu dem Resultat, daß mit der Produktion von RME bei zentraler Verarbeitung CO_2-Emissionen in Höhe von ca. 2,3 kg CO_2/kg DKÄ verbunden sind. Vergleicht man diesen Wert mit den CO_2-Emissionen, die aus der Nutzung von einem kg Dieselkraftstoff resultieren (3,49 kg CO_2/kg Dieselkraftstoff), so ergibt sich durch die Substitution von einem kg Diesel

[41] Vgl. Reinhardt (1993), S. 20 ff.

durch RME eine Reduktion der CO_2-Emissionen um ca. 35 %, wenn keine Gutschriften für die Nebenprodukte berücksichtigt werden[42]. Bei thermischer Nutzung betragen die Gutschriften für Rapsschrot ca. 2,8 kg CO_2/kg DKÄ und für Glycerin ca. 0,2 kg CO_2/kg DKÄ. Werden die realen Substitutionsverhältnisse zugrundegelegt, d.h. wird für Rapsschrot die Nutzung als Futtermittel und für Glycerin die Substitution von synthetisch produziertem Glycerin unterstellt, so ergeben sich bei zentraler Verarbeitung Gutschriften für Rapsschrot von ca. 0,7 kg CO_2/kg DKÄ und Glycerin von ca. 0,8 kg CO_2/kg DKÄ. Unter Berücksichtigung dieser Gutschriften resultiert eine Reduktion der CO_2-Emissionen gegenüber dem Einsatz von Diesel in Höhe von ca. 78 %. Geht man darüber hinaus von der thermischen Nutzung des Rapsstrohs und der Substitution von technisch produzierten Düngemitteln durch Gülle aus, so ergibt sich in der Summe eine CO_2-Reduktion, die um ca. 15 % höher ist als der betragsmäßige Wert der CO_2-Emission von einem kg Dieselkraftstoff. Es wird also aufgrund der Substitution von einem kg Dieselkraftstoff durch RME mehr CO_2 vermieden, als duch die Nutzung von einem kg Diesel entsteht. Bei der Berechnung der CO_2-Minderung durch reinen Rapsöltreibstoff bei dezentraler Verarbeitung der Saaten muß berücksichtigt werden, daß der Aufbereitungsschritt der Umesterung entfällt. Dies führt dazu, daß die CO_2-Reduktion aufgrund der Substitution von einem kg Dieselöl durch Rapsöl ohne Einrechnung von Gutschriften mit ca. 55 % größer ist als bei zentraler Verarbeitung. Bei Berücksichtigung der realen Substitutionsverhältnisse ist die CO_2-Minderung mit 76 % jedoch geringer als bei zentraler Aufbereitung, da hier mögliche Gutschriften für Glycerin fehlen.

Die von *Reinhardt* aufgestellte Energiebilanz der Produktion und Verwendung von Rapsöltreibstoffen zeigt, daß der Energieoutput des Rapsöls grundsätzlich größer ist als der bei seiner Produktion eingesetzte Input[43]. Auch bei diesem Ergebnis ist von Bedeutung, welche Verwendung der Nebenprodukte unterstellt wird und in welchem Maß die dabei entstehenden Energiegewinne eingerechnet werden. Läßt man diese Gewinne außer acht, so resultiert für RME ein Input-Output-Verhältnis von 1:1,17, d.h. der Energieoutput von RME ist um ca. 17 % größer als der notwendige

---

[42] Vgl. Reinhardt (1993), S. 146 ff.
[43] Vgl. Reinhardt (1993), S. 155 ff.

Energieinput für die Produktion. Legt man die oben erwähnten realen Substitutionsverhältnisse der Nebenprodukte zugrunde, so beträgt das Input-Output-Verhältnis 1:1,77. Würde schließlich das Rapsstroh thermisch verwendet werden, so ergäbe sich eine Energiebilanz von 1:3,43.

Der Autor betont, daß mit der Bilanzierung des CO_2 nicht der gesamte Klimaeffekt beschrieben wird, der mit der Bereitstellung von Rapsöl bzw. RME als Dieselsubstitut verbunden ist. Vielmehr können die positiven Umweltwirkungen, die sich durch die CO_2-Minderungen ergeben, u.U. durch negative Wirkungen anderer dabei entstehender Schadstoffe reduziert oder völlig kompensiert werden. Die Bilanzierung der CO_2-Emissionen ist daher nicht ausreichend, um definitive Aussagen über die ökologischen Wirkungen der Substitution von Dieselkraftstoff durch Rapsöl oder RME zu erhalten. Solche Aussagen können nur auf Basis einer umfassenden Ressourcen- und Emissionsbilanz getätigt werden. Eine derartige Bilanz wurde von *Reinhardt* (1999) erstellt. Diese Arbeit stimmt in der Methodik mit der oben betrachteten überein. Im einzelnen ergeben sich hier Vorteile für RME in den Bereichen des Treibhauseffekts, des Verbrauchs erschöpflicher Energieträger und der Human- und Ökotoxizität bezüglich der Emission von Schwefeldioxid. Nachteile werden beim stratosphärischen Ozonabbau, beim Verbrauch mineralischer Ressourcen, der Eutrophierung sowie der Human- und Ökotoxizität durch Stickoxide, Ammoniak, Staub und Dieselpartikel ermittelt. Eine Gesamtbewertung der Treibstoffe wird allerdings nicht vorgenommen, da teilweise noch Erkenntnisse darüber fehlen, inwieweit die untersuchten Parameter mit ökologischen Wirkungen verbunden sind und welche Bedeutung diese Wirkungen haben.

Auch *Friedrich u.a.* (1993) untersuchen die Umweltaspekte, die mit der Verwendung von Treibstoffen aus Rapsöl als Dieselsubstitut verbunden sind. Im Bereich des Bodenschutzes kommt die Studie zu dem Ergebnis, daß der Anbau von Raps zur Treibstoffproduktion im Vergleich zur dauerhaften Flächenstillegung deutlich höhere Belastungen des Bodens und des Grundwassers bewirkt[44]. Vorteilhaft ist die im Vergleich zu Dieselkraftstoff geringere Gefährdung der Binnengewässer durch

[44] Vgl. Friedrich u.a. (1993), S. 11 ff.

Rapsöl und RME[45]. Die im Rahmen dieser Studie verwendete CO_2-Bilanz geht auf *Reinhardt* (1993) zurück und ist größtenteils mit dieser Arbeit identisch. Daher werden die Ergebnisse hier nicht erneut betrachtet, sondern lediglich die Unterschiede aufgezeigt. Die Studie von *Friedrich u.a.* geht bei der Berechnung der realen CO_2-Einsparmöglichkeiten durch den Einsatz von RME von der thermischen Verwendung des Glycerins aus. Wie bereits erwähnt, wird bei *Reinhardt* (1993) demgegenüber die Nutzung des Glycerins als Substitut für technisch produziertes Glycerin unterstellt. Aufgrund dieser abweichenden Annahmen ergibt sich bei *Friedrich u.a* (1993) ein CO_2-Minderungspotential von nur 60 % anstelle der von *Reinhardt* (1993) ermittelten 78 %. Werden neben dem CO_2 weitere klimarelevante Spurengase betrachtet, so resultiert aus dem Einsatz von Rapsöltreibstoffen als Dieselsubstitut eine maximale Minderung in Höhe von 0,7 bis 1,3 kg $CO_{2äq}$/kg DKÄ bei Rapsöl und 1,3 bis 1,7 kg $CO_{2äq}$/kg DKÄ bei RME. Zur Beurteilung der Kosteneffizienz von RME im Vergleich mit technischen Maßnahmen an herkömmlichen Dieselfahrzeugen werden in der Studie die CO_2-Minderungen errechnet, die pro eingesetzter DM erreicht werden können[46]. Dabei werden nur die CO_2-Minderungen betrachtet, die sich durch die Reduktion des Kraftstoffverbrauchs ergeben, d.h. die durch Materialherstellung, Fertigungsverfahren u.ä. entstehenden Emissionen bleiben unberücksichtigt. Die Studie kommt zu dem Ergebnis, daß durch technische Maßnahmen CO_2-Reduktionen in Höhe von 5,3 kg/DM im Pkw-Bereich und bis zu 30,8 kg/DM im Lkw-Bereich erreichbar sind. Die Kosteneffizienz des Einsatzes von RME zur CO_2-Minderung ist dagegen eher gering. Geht man von einer Minderung in Höhe von 35 % pro substituiertem Liter Dieselkraftstoff aus, die sich ergibt, wenn keine Gutschriften berücksichtigt werden, so können Einsparungen von 0,4 kg/DM erreicht werden. Die unter Zugrundelegung der realen Substitutionsverhältnisse ermittelte Minderung von 60 % entspricht einer Reduktion von 0,7 kg/DM. Hinsichtlich der Kosteneffizienz sind demnach technische Maßnahmen an herkömmlichen Fahrzeugen dem Einsatz von RME vorzuziehen.

Daun (1993) betrachtet ebenfalls verschiedene Maßnahmen zur Reduzierung der CO_2-Emissionen und vergleicht die CO_2–Minderungen, die dadurch erreicht werden

---

[45] Vgl. Friedrich u.a. (1993), S. 43 ff.
[46] Vgl. Friedrich u.a. (1993), S. 127 ff.

können. Als mögliche Maßnahmen im Verkehrssektor berücksichtigt er technische Veränderungen an Fahrzeugen sowie den Einsatz alternativer Kraftstoffe. Zur Frage, ob durch Verbrennung von Rapsöltreibstoffen gegenüber Diesel zusätzliche Schadstoffe emittiert werden, verweist der Autor auf eine Arbeit von *Heitmann* (1990). Danach stellt die Verbesserung des Verbrennungsablaufs von Pflanzenölen im üblichen Dieselmotor kein wesentliches technisches Problem dar, so daß davon ausgegangen wird, daß auch Rapsöl ohne gravierende emissionsseitige Nachteile in angepaßten Dieselmotoren in indirekter Einspritzung eingesetzt werden kann[47]. Zudem stellt *Daun* fest, daß durch die Umesterung von Rapsöl zu RME die emissionsseitigen Nachteile gegenüber Dieselkraftstoff beseitigt werden. Die Emissionen, die bei Rapsöltreibstoffen durch die Bereitstellung entstehen, liegen jedoch höher als bei Dieselkraftstoff. Für Rapsöltreibstoffe ermittelt *Daun* unter Einrechnung der durch die Bereitstellung und Verwendung entstehenden Emissionen ein CO_2-Minderungspotential bezogen auf die gesamten CO_2-Emissionen im Jahr 1988 in Höhe von 2,80 % (Rapsöl) bzw. 2,35 % (RME) gegenüber Dieselkraftstoff[48]. Bei der Berechnung dieser Werte wird berücksichtigt, daß die produzierbare Menge an Rapsöl durch das Erzeugungspotential der Rapssaaten begrenzt ist. Aufgrund dieser Restriktion ist die in Deutschland produzierbare Menge an Rapsöl im Vergleich zum Dieselverbrauch gering. Es kann darum nur ein begrenzter Anteil des Dieselkraftstoffs durch Rapsöltreibstoffe ersetzt werden. Unter den verschiedenen Möglichkeiten der Substitution fossiler Kraftstoffe durch Treibstoffe aus nachwachsenden Rohstoffen ist der Einsatz von Methanol als Benzinsubstitut mit CO_2-Minderungskosten von 600 DM pro vermiedener Tonne CO_2 die günstigste Maßnahme[49]. Die Minderungskosten der Verwendung von Rapsöltreibstoffen sind mit 961 DM/t CO_2 bei Rapsöl und 1213 DM/t CO_2 bei RME deutlich höher. Neben dem Einsatz nachwachsender Rohstoffe zur CO_2-Minderung im Verkehrsbereich werden von *Daun* weitere Maßnahmen, wie technische Verbesserungen an Fahrzeugen und Motoren oder Tempolimits auf Autobahnen, genannt, die durch ordnungspolitische Vorgaben umgesetzt werden können. Der Autor geht davon aus, daß diese Maßnahmen keine direkten CO_2-Minderungskosten verursachen.

---

[47] Vgl. Daun (1993), S. 152 f.
[48] Vgl. Daun (1993), S. 161.
[49] Vgl. Daun (1993), S. 167 ff.

Fahl u.a. (1995) ermitteln in ihrer Studie die CO_2-Minderungspotentiale verschiedener Maßnahmen und die entstehenden Minderungskosten. Im Verkehrssektor betrachten die Autoren vier Gruppen von Instrumenten: fahrzeugtechnische Maßnahmen, wie z.B. die Reduzierung des Fahrzeuggewichts, motortechnische Veränderungen, Maßnahmen im Bereich der Kraftübertragung und den Einsatz von alternativen Kraftstoffen[50]. Bei der Bilanzierung der durch den Einsatz alternativer Kraftstoffe entstehenden Emissionen berücksichtigen die Autoren neben der Nutzung auch die Herstellung und Verteilung der Treibstoffe und rechnen Gutschriften für die Nebenprodukte ein. Wird die beschränkte Anbaukapazität der Rohstoffe berücksichtigt, so ergeben sich für die Gruppe der alternativen Kraftstoffe Minderungen der verkehrsbedingten CO_2-Emissionen in Höhe von ca. 3 bis 4 %. Größere Einsparungen können durch innermotorische Maßnahmen erreicht werden. Hier liegen die Einsparpotentiale zwischen 7 und 23 %. Bei der Berechnung der CO_2-Minderungspotentiale und -kosten für Fahrzeuge, die mit alternativen Kraftstoffen betrieben werden, wird in der Studie ausschließlich der Pkw-Bereich betrachtet. Als Basisjahr dient das Jahr 1991, der Betrachtungszeitraum beträgt 24 Jahre. Mineralöl- und Mehrwertsteuer werden in der Berechnung nicht berücksichtigt. Für die Abschätzung des gesamten CO_2-Reduktionspotentials wird davon ausgegangen, daß die Rohstoffe zur Herstellung der alternativen Kraftstoffe auf stillgelegten Flächen angebaut werden, d.h. es wird unterstellt, daß etwa 20 % der Ackerfläche der alten Bundesländer für den Anbau nachwachsender Rohstoffe zur Verfügung stehen. Am günstigsten schneidet bei der Gesamtpotentialsabschätzung der Einsatz von Methanol in Otto- und Dieselmotoren ab. Das CO_2-Minderungspotential dieser Maßnahme beträgt etwa 15 Mio. t CO_2/Jahr und ist mit Kosten in Höhe von 500 bis 650 DM/t CO_2 verbunden. Durch den Einsatz von Rapsöl bzw. RME ergeben sich wesentlich höhere CO_2-Minderungskosten (ca. 800 bis 1000 DM/t CO_2) bei einem deutlich geringeren Minderungspotential (2,5 - 3 Mio. t CO_2/Jahr). Die in der Studie ermittelten CO_2-Minderungskosten der Nutzung alternativer Kraftstoffe bewegen sich insgesamt im Bereich zwischen 500 und 1500 DM/t CO_2. Mit geringeren Kosten ist die CO_2-Minderung durch technische Maßnahmen zur Effizienzsteigerung an Fahr-

[50] Vgl. Fahl u.a. (1995), S. 154 ff.

zeugen verbunden. Auch in anderen Bereichen, wie beispielsweise bei Kraftwerkstechnologien oder Heizungssystemen, ermitteln die Autoren für eine Reihe von Maßnahmen CO_2-Minderungskosten, die deutlich unter denen des Einsatzes von alternativen Treibstoffen liegen.

Zu erheblich geringeren Vermeidungskosten beim Einsatz von RME gelangen *Scharmer, Golbs* (1997). Als Kosten, die der Gesellschaft durch die Nutzung von RME entstehen, berücksichtigen sie lediglich den Wegfall der Mineralölsteuer aufgrund der Substitution von Dieselkraftstoff durch RME. Die Vermeidungskosten werden ausgedrückt in DM pro vermiedener Tonne Kohlendioxidäquivalent ($CO_{2äq}$). Bei einer Mineralölsteuer in Höhe von 0,62 DM/l und Einsparungen von 3,24 kg $CO_{2äq}$ je Liter Diesel, der durch RME ersetzt wird, ergeben sich Kosten von 191 DM pro Tonne vermiedene $CO_{2äq}$-Emission. Wie die Autoren betonen, werde bei der Berechnung dieses Werts jedoch die Tatsache nicht berücksichtigt, daß durch den Einsatz von RME in erheblichem Umfang Arbeitsplätze geschaffen bzw. erhalten würden, wodurch sich für den Staat Rückflüsse durch Steuern auf Löhne, Gehälter, umgesetzte Waren etc. ergeben würden. Bezugnehmend auf die Studie von *Schöpe* (1996), gehen die Autoren davon aus, daß für jeden Liter Dieselkraftstoff, der durch RME ersetzt wird, ca. 0,20 DM pro Liter nicht verkauften fossilen Kraftstoffs als tatsächlicher Einnahmeausfall des Staates anzusetzen sind. Die Kosten der CO_2-Minderung, die auf Basis dieser Größe berechnet werden, betragen nur 62 DM pro Tonne vermiedenes $CO_{2äq}$.

Leifert (1996) berücksichtigt bei der Untersuchung der Umwelteigenschaften von Rapsöltreibstoffen neben den CO_2-Emissionen ebenfalls weitere positive und negative Umweltwirkungen[51]. In der Summe ergibt sich eine Reduzierung der $CO_{2äq}$-Emissionen in Höhe von bis zu 480 kg/t Rapssaaten. Dabei sind die Emissionen, die durch den Anbau von Rapssaaten sowie die Produktion und den Transport von Rapsöl entstehen, größer als die Belastungen durch Exploration, Förderung, Transport und Verarbeitung von Mineralöl. Der Vergleich der $CO_{2äq}$-Emissionen im Motorbetrieb zeigt keine eindeutige Überlegenheit der Rapsöltreibstoffe gegenüber

[51] Vgl. Leifert (1996), S. 17 ff.

Diesel. Emissionseinsparungen ergeben sich durch die Produktion von Energie mit Hilfe von Rapsöltreibstoffen anstelle von Dieselkraftstoff, da dessen Verbrennung zu einer nachhaltigen Anreicherung der Atmosphäre mit CO_2 führt. Die größte Einsparung ist durch Einsatz von Rapsöl in Spezialmotoren bzw. durch Beimischung zum Dieselkraftstoff zu erreichen, da diese Verfahren den geringsten Verarbeitungsaufwand für das Rapsöl aufweisen. In der Summe werden durch den Einsatz der Menge an Rapsöl, die aus dem Rapsertrag eines Hektars produziert werden kann, Emissionen in Höhe von 0,8 bis 1,4 t CO_2 vermieden. Da eine entsprechende CO_2-Reduktion durch die Senkung des Mineralölverbrauchs um 0,25 bis 0,4 t oder die energetische Nutzung von 2 bis 3 t Restholz oder Stroh erzielt werden könnte, schätzt der Autor die positiven Umweltwirkungen der Rapsöltreibstoffe als gering ein.

Übereinstimmend kommen die Studien zu dem Ergebnis, daß die CO_2-Bilanz von Rapsöl und RME gegenüber Dieselkraftstoff auch bei Einbeziehung aller Produktions- und Verarbeitungsschritte positiv ausfällt. Werden neben Kohlendioxid weitere Schadstoffe betrachtet, ist das Ergebnis allerdings weniger eindeutig. Während sich beispielsweise bei Distickstoffoxid (Lachgas) ein Nachteil für RME bzw. Rapsöl ergibt, wird die Emission anderer Schadgase durch den Einsatz alternativer Kraftstoffe vermindert. Eine abschließende Beurteilung der verschiedenen Kraftstoffe in bezug auf ihre Umweltwirkungen wird von keiner der vorgelegten Studien durchgeführt; sie erscheint beim heutigen Stand der Forschung kaum möglich. Dagegen zeigt sich ein recht einheitliches Bild bei der Bewertung der CO_2-Minderungskosten, die durch den Einsatz von RME bzw. Rapsöl entstehen. Mit Ausnahme der Studie von *Scharmer, Golbs* (1997) kommen die Arbeiten zu dem Schluß, daß die Reduzierung einer bestimmten Menge an Kohlendioxid durch den Einsatz von Rapsöltreibstoffen als Dieselsubstitut mit Minderungskosten verbunden ist, die über den Kosten alternativer Minderungsmaßnahmen liegen. Da zudem die Menge an Rapsöl, die in Deutschland produziert werden kann, im Vergleich zum Dieselkraftstoffverbrauch gering ist, kann der Einsatz alternativer Treibstoffe aus Rapsöl nicht wesentlich zur Reduktion der CO_2-Emissionen beitragen. Bei zahlreichen anderen Maßnahmen sind die Einsparungsmöglichkeiten wesentlich größer.

3. Technische und institutionelle Rahmenbedingungen der Nutzung von Rapsöltreibstoffen

3.1 Technische Möglichkeiten des Einsatzes von Rapsöl als Kraftstoff

Rohes Rapsöl und mineralischer Dieselkraftstoff sind keine vollständigen Substitute, da sich ihre technischen Eigenschaften in mehreren Punkten unterscheiden[52]. So ist die kinetische Viskosität des Rapsöls um ein mehrfaches höher als die des Dieselkraftstoffs. Dadurch kommt es im Vergleich zum Dieselkraftstoff zu einer schlechteren Zerstäubung und Verbrennung des Rapsöls im Brennraum. Als Folge treten bei der Verbrennung des Rapsöls Rußablagerungen im Motor auf. Darüber hinaus liegt die Cetanzahl von Rapsöl um bis zu 30 % unter der Cetanzahl von Dieselkraftstoff, woraus sich eine geringere Zündwilligkeit des Rapsöls ergibt. Da der Flammpunkt von Rapsöl um ca. 200 Grad Celsius höher liegt als der Flammpunkt von Dieselkraftstoff, hat Rapsöl einen ungünstigeren Siedeverlauf. Dadurch entsteht beim Einsatz von Rapsöl als Kraftstoff ein schlechteres Kaltstartverhalten der Motoren. Aufgrund dieser technischen Abweichung des Rapsöls vom Dieselkraftstoff läßt sich rohes Rapsöl unter praktischen Bedingungen in konventionellen Dieselmotoren nicht als Kraftstoff einsetzen. Bei einer ausschließlichen Verwendung von rohem Rapsöl als Treibstoff ist ein störungsfreier Dauerbetrieb nicht möglich[53]. Lediglich ein Gemisch von Diesel und rohem Rapsöl mit einem Rapsölanteil von maximal 10 % kann in konventionellen Dieselmotoren im Dauerbetrieb verwendet werden[54].

Um Rapsöl dennoch als Kraftstoff einsetzen zu können, sind prinzipiell zwei Wege denkbar. Zum einen können die Eigenschaften der Motoren derart verändert werden, daß sie mit Rapsöl betrieben werden können. Zum anderen kann das Rapsöl durch eine Weiterverarbeitung in seinen Eigenschaften so verändert werden, daß dieses

---

[52] Vgl. z.B. Leifert (1996), S. 8.
[53] Vgl. Bund-Länder-Arbeitsgruppe Nachwachsende Rohstoffe (1995), S. 133; Elsbett (1990).
[54] Vgl. Leifert (1996), S. 13.

modifizierte Rapsöl in konventionellen Dieselmotoren eingesetzt werden kann. Beide Verfahren sollen im folgenden dargestellt werden.

Damit rohes Rapsöl als Treibstoff eingesetzt werden kann, muß der Motor spezielle, von konventionellen Dieselmotoren abweichende konstruktive Merkmale aufweisen. Ein solcher Motor ist von der Firma Elsbett entwickelt worden[55]. Dieser Motor weicht in mehreren technischen Eigenschaften von konventionellen Dieselmotoren ab. Hierzu gehören unter anderem weitgehend selbstreinigende Zapfendüsen und ein verringertes Spiel zwischen Kolben und Zylinder, wodurch mögliche Verbrennungsrückstände nicht so leicht zu den Kolbenringen vordringen und diese verklemmen können. Darüber hinaus verfügt dieser Motor über spezielle Pumpe-Düse-Elemente, durch die eine feinere Kraftstoffaufbereitung erzielt wird, und über eine spezielle Luftführung, die ein heißes Zentrum der Verbrennung mit einem kalten Mantel im Zylinder herstellt. Nach diesem Merkmal wird diese Art Motor auch als Duotherm-Motor bezeichnet. In Anlehnung an das Prinzip des Duotherm-Motors wurden in den letzten Jahren von weiteren Herstellern pflanzenöltaugliche Motoren entwickelt und auf dem Markt angeboten[56]. Duotherm-Motoren werden bisher nicht in Serie gefertigt. Da Elsbett-Motoren keine Dauerstandfestigkeit bescheinigt werden kann und die gesetzlichen Emissionswerte von diesen Motoren nicht eingehalten werden[57], ist eine Serienfertigung für die nähere Zukunft wenig wahrscheinlich.

Außer in Duotherm-Motoren kann rohes Rapsöl in Vor- und Wirbelkammermotoren eingesetzt werden[58]. Diese Motoren unterscheiden sich von konventionellen direkteinspritzenden Dieselmotoren durch eine zusätzliche Brennkammer im Zylinderkopf, in die der Treibstoff eingespritzt wird. Diese Motoren sind den auf dem Duothermprinzip basierenden Motoren jedoch, insbesondere wegen ihres um etwa 20 % höheren Treibstoffverbrauchs, deutlich unterlegen. Daher wird die Möglichkeit der Verwendung von rohem Rapsöl in Vor- und Wirbelkammermotoren in den folgenden Analysen nicht berücksichtigt.

---

[55] Vgl. Bund-Länder-Arbeitsgruppe Nachwachsende Rohstoffe (1995), S. 133; Elsbett-Technologie GmbH (1998a).
[56] Vgl. Leifert (1996), S. 12; Informationssystem Nachwachsende Rohstoffe (1998).
[57] Vgl. May, Hattingen, Adt (1996), S. 66 f.
[58] Vgl. Leifert (1996), S. 12 f.

Bei der Anpassung der Eigenschaften von Rapsöl an die Anforderungen konventioneller Motoren gibt es zwei verschiedene Möglichkeiten. Zum einen kann das rohe Rapsöl in den Raffinationsprozeß der Dieselkraftstoffherstellung eingebracht werden. Dabei wird das Rapsöl thermisch in niedrigere Kohlenwasserstoffe aufgespalten[59]. Zum anderen besteht die Möglichkeit, die Eigenschaften von Rapsöl durch einen chemischen Verarbeitungsschritt, die sogenannte Umesterung, zu Rapsmethylester (RME) zu verarbeiten. RME entspricht in den als Motorkraftstoff relevanten technischen und physikalischen Eigenschaften weitgehend dem mineralischen Dieselkraftstoff und kann in den meisten konventionellen Dieselmotoren eingesetzt werden. Der Einsatz von RME ist die bisher am weitesten erprobte Form der Nutzung von Rapsöl als Treibstoff. Viele moderne Dieselfahrzeuge sind von den Herstellern mittlerweile für den Betrieb mit RME freigegeben. Bei älteren Modellen setzt der Einsatz von RME allerdings gewisse Umbauten voraus, da die Gummi- und Kunststoffteile durch den Kontakt mit RME angegriffen werden können[60]. Bei der Umesterung entsteht, unter Zugabe von Methanol, RME und Glycerin. Glycerin ist ein Grundstoff für die chemische und chemisch-pharmazeutische Industrie und findet heute in über 2000 Produkten Verwendung, u.a. in Klebstoffen, Medikamenten und Kosmetika[61].

Von den verschiedenen Möglichkeiten des Einsatzes von Rapsöl als Treibstoff wird bei der folgenden Analyse, gemäß des Auftrags dieser Studie, nur die Nutzungsmöglichkeit von RME und von reinem Rapsöl in rapsöltauglichen Motoren berücksichtigt.

3.2 Die Marktordnung für Ölsaaten

Durch die Reform der gemeinsamen Agrarpolitik haben sich die marktpolitischen Rahmenbedingungen für die Produktion von Ölsaaten innerhalb der EU erheblich

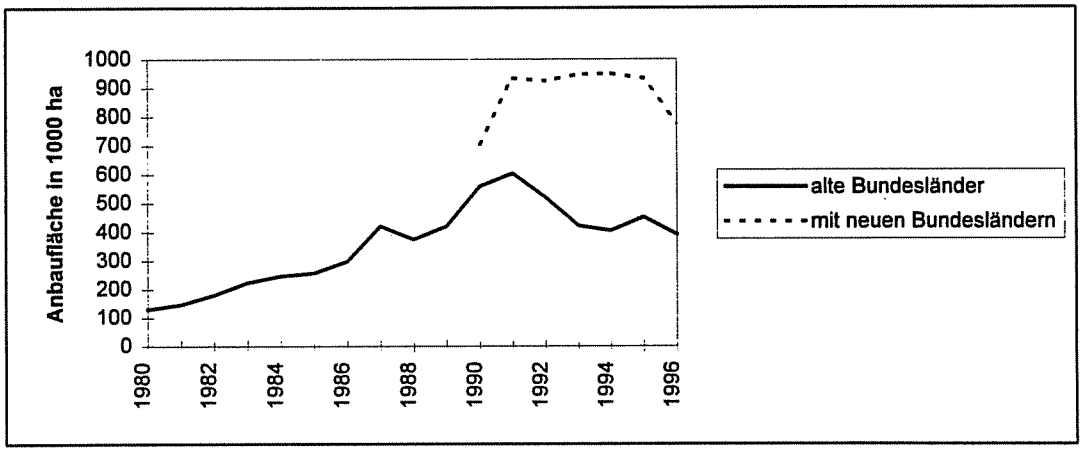
---

[59] Vgl. Kleinhanß (1993a), S. 106.
[60] Vgl. ESSO AG (1998a).
[61] Vgl. Bundesregierung (1991), S. 5.

verändert. Die neue Marktordnung für Ölsaaten wurde mit der "Verordnung des Rates zur Einführung einer Stützungsregelung für die Erzeuger von Sojabohnen, Raps- und Rübensamen und Sonnenblumenkernen" am 12.12.1991 vom Ministerrat formell verabschiedet und trat am 1.7.1992 in Kraft. Durch diese Verordnung wurde die Erzeugung von Ölsaaten innerhalb der EU auf eine neue Grundlage gestellt.

Vor der Reform erfolgte im Bereich der Ölsaaten eine indirekte Preisstützung über ein System von Deficiency-Payments[62]. Dazu verabschiedete der EU-Ministerrat jährlich einen Richtpreis für Rapssaaten. Ölmühlen erhielten für die Verarbeitung von Rapssaaten aus EU-Herkünften eine Beihilfe, die sich aus der Differenz zwischen diesem Richtpreis und dem aktuellen Weltmarktpreis für Rapssaaten errechnete. Das System stützte somit ausschließlich die Erzeugerpreise für Rapssaaten. Die Verarbeitungsprodukte Rapsöl und Rapsschrot selbst wurden hingegen weder subventioniert noch durch besondere Maßnahmen geschützt und waren damit der Konkurrenz auf den Weltmärkten ausgesetzt. Diese Regelung führte zu einer relativ attraktiven Preisgestaltung für Ölsaaten und hat die produzierten Mengen an Raps entsprechend ansteigen lassen (vgl. Abbildung 1), so daß analog dazu die Marktordnungsausgaben für Ölsaaten angestiegen sind.

Abbildung 1: Anbauentwicklung von Winterraps



Quelle: Statistisches Jahrbuch für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten, verschiedene Jahrgänge.

[62] Vgl. z.B. Ortmaier (1990), S. 128.

Neben der attraktiven Preisgestaltung sind die züchterischen Erfolge in der Vergangenheit als weiterer wesentlicher Grund für die Anbauausdehnung anzusehen. In den siebziger Jahren gelang der Züchtungserfolg zum erukasäurefreien Rapsöl, wodurch der Einsatz in der Ernährung deutlich ausgeweitet werden konnte. In den achtziger Jahren gelang ein zweiter wesentlicher Züchtungsfortschritt durch die Entwicklung vom 0-Raps zum 00-Raps. Damit war der Einsatz des nunmehr gluxosinolatarmen Rapsschrots in der Rinderfütterung kaum noch begrenzt und in der Schweine- und Geflügelhaltung bis zu 50 % des Eiweißfutteranteils möglich[63].

Die Reform der Ölsaatenmarktordnung von 1992 umfaßt im wesentlichen die Abschaffung der bis dahin erfolgten indirekten Preisstützung über Deficiency-Payments. Um die daraus entstandenen Einkommenseinbußen der Landwirte aufzufangen, wurden flächenbezogene Ausgleichszahlungen eingeführt, die je nach angebauter Feldfrucht unterschiedlich hoch sind. Voraussetzung für die Gewährung dieser Flächenbeihilfen ist, mit Ausnahme der Kleinerzeuger, die Stillegung von Ackerflächen (konjunkturelle Flächenstillegung)[64]. Die Stillegungsquote lag zunächst bei 15 % und wurde seitdem sukzessive über 12 % auf 10 % und schließlich auf 5 % abgesenkt[65]. Für die Flächenstillegung wird eine Prämie, die sogenannte Flächenstillegungsprämie, gezahlt. Die Prämien für Flächenstillegungen lagen für das Wirtschaftsjahr 1996/97 zwischen 607 DM/ha in Berlin und Brandenburg und 914 DM/ha in Schleswig-Holstein[66]. Es ist unter bestimmten Bedingungen erlaubt, Non-food-Pflanzen, also auch für die Treibstoffherstellung vorgesehene Rapssaaten, auf den stillgelegten Ackerflächen anzubauen, ohne daß eine Kürzung der Stillegungsprämie erfolgt. Dazu muß ein Anbau- und Abnahmevertrag mit einem Aufkäufer oder Erstverarbeiter geschlossen werden. Durch diese Regelung soll

---

[63] Vgl. Janinhoff (1998a).
[64] Vgl. Europäische Kommission, Generaldirektion Landwirtschaft (1997), S. 16. Für Kleinerzeuger gibt es eine vereinfachte Regelung zur Bemessung der Preisausgleichszahlungen. Sie erhalten für Getreide, Ölsaaten und Eiweißpflanzen eine einheitliche Ausgleichszahlung, brauchen dafür aber keine Flächen stillzulegen; vgl. Schefski, Kleinhanß (1995), S. 24.
[65] Vgl. Europäische Kommission, Generaldirektion Landwirtschaft (1997), S. 33; Verband Deutscher Oelmühlen e.V. (1998).
[66] Vgl. Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft (1997).

sichergestellt werden, daß der auf den stillgelegten Flächen angebaute Raps auch tatsächlich als nachwachsender Rohstoff verwendet wird[67].

Die Flächenbeihilfe für den Anbau von Nahrungsmittelraps ist den regionalen Ertragsunterschieden angepaßt. Da die Ölsaatenerträge in der Bundesrepublik Deutschland über dem EU-Durchschnitt liegen, erhalten die deutschen Ölsaatenerzeuger eine überdurchschnittlich hohe Flächenbeihilfe. Die Ausgleichszahlungen für im Rahmen der Marktordnung angebaute Ölsaaten lagen für die Bundesrepublik Deutschland zur Ernte 1995 im Durchschnitt bei 1076 DM/ha und zur Ernte 1996 bei 1065 DM /ha[68]. Innerhalb der Bundesrepublik Deutschland erfolgt die Regionalisierung der Flächenbeihilfe nach den Bundesländern. Da sich die durchschnittlichen Ölsaatenerträge zwischen den einzelnen Bundesländern deutlich unterscheiden, schwanken auch die Flächenbeihilfebeträge zwischen den einzelnen Bundesländern erheblich[69]. So erhielten landwirtschaftliche Betriebe in Schleswig-Holstein für das Wirtschaftsjahr 1996/97 mit 1150 DM/ha die höchste Flächenbeihilfe, während sie in Sachsen-Anhalt mit nur 908 DM/ha am niedrigsten war[70].

Mit der Agrarreform von 1992 wurde die gesamte Ackerfläche innerhalb der EU begrenzt. Dazu wurden für die regionalen Ackerflächen Obergrenzen, sogenannte Basisflächen, festgelegt. Mit diesen Basisflächen wird die prämienbegünstigte Anbaufläche für Getreide, Ölsaaten, Hülsenfrüchte und Öllein in den einzelnen Regionen begrenzt. Innerhalb dieser Basisflächen sind die Landwirte in ihrer Anbauplanung völlig frei. Wird die regionale Basisfläche jedoch überschritten, so tritt ein Sanktionsmechanismus in Kraft. Noch im selben Wirtschaftsjahr wird die beihilfefähige Fläche je Betrieb entsprechend der regionalen Basisflächenüberschreitung prozentual gekürzt. Im darauf folgenden Wirtschaftsjahr wird dann der Mindeststillegungssatz entsprechend der regionalen Basisflächenüberschreitung erhöht, ohne daß die Erzeuger für diese zusätzlich stillgelegten Flächen eine Flächenbeihilfe erhalten. Dieser Sanktionsmechanismus für die Überschreitung der

---

[67] Vgl. Schefski, Kleinhanß (1995), S. 31.
[68] Vgl. Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten (1997).
[69] Vgl. Steinhauser (1991), S. 149.
[70] Vgl. Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft (1997).

regionalen Basisflächen gilt nicht nur für den Ölsaatenanbau, sondern für jede beihilfeberechtigte Ackerflächennutzung[71].

Für den Ölsaatenanbau gelten darüber hinaus weitere spezielle Restriktionen. Der Grund hierfür liegt in den Vereinbarungen im Rahmen des GATT. Im Rahmen des sogenannten Blair-House-Abkommens zwischen der EU und den USA wurde festgelegt, den Ölsaatenanbau innerhalb der EU beginnend mit der Ernte 1995 auf 5,128 Mio. ha (Ölsaatengarantiefläche) zu begrenzen. Aufgrund des Beitritts der drei neuen Mitgliedstaaten Österreich, Finnland und Schweden wurde diese Garantiefläche auf 5,484 Mio. ha erhöht[72]. Die Ölsaatengarantiefläche ist jedes Jahr um den jeweils gültigen EU-Stillegungssatz, mindestens aber um 10 %, zu reduzieren. Kommt es zu einer Überschreitung der nach dem obigen Schema berechneten jährlichen Ölsaatenanbaufläche, so tritt unabhängig von dem bereits oben dargestellten allgemeinen Sanktionsmechanismus im Rahmen der EU-Agrarreform ein spezieller Sanktionsmechanismus für den Ölsaatenanbau in Kraft. Je Prozentpunkt, um den die EU-Ölsaatengarantiefläche überschritten wird, werden die flächenbezogenen Ausgleichszahlungen für Ölsaaten noch im selben Wirtschaftsjahr um einen Prozentpunkt gekürzt. Dabei bleiben jedoch die Ölsaatenflächen von Kleinerzeugern und die Stillegungsflächen, auf denen Ölsaaten zur Non-food-Produktion angebaut werden, unberücksichtigt. Der sich ergebende Kürzungsprozentsatz ist grundsätzlich auf das folgende Wirtschaftsjahr zu übertragen und wird dann zu einem sich gegebenenfalls in diesem Wirtschaftsjahr ergebenden erneuten Kürzungsprozentsatz addiert, so daß es zu einer Kumulation der Kürzungsprozentpunkte aus den einzelnen Wirtschaftsjahren kommt[73]. Die Umsetzung des Blair-House-Abkommens in EU-Recht erfolgte mit der im Dezember 1993 beschlossenen Ratsverordnung. Danach wurde die EU-Ölsaatengarantiefläche in nationale Garantieflächen aufgeteilt. Die Ölsaatengarantiefläche für die Bundesrepublik Deutschland wurde auf 929 000 ha festgesetzt. Für die Bemessung der Überschreitung der nationalen Ölsaatengarantiefläche werden nur diejenigen Ölsaatenanbauflächen herangezogen, für die nach Anwendung der oben dargestell-

---

[71] Vgl. Schefski, Kleinhanß (1995), S. 28.
[72] Vgl. Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten (1998).
[73] Vgl. Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten (1998); Bertram (1996), S. 97.

ten Grundflächenregelung die Ausgleichszahlungen für Ölsaaten in vollem Umfang gewährt werden.

Wie bereits erwähnt, ist der Non-food-Anbau von Ölsaaten auf Stillegungsflächen von den soeben dargestellten Vereinbarungen des Blair-House-Abkommens nicht betroffen. Die Gesamtanbaufläche von Non-food-Ölsaaten auf Stillegungsflächen wird jedoch durch eine andere Vereinbarung des Bair-House-Abkommens indirekt beschränkt. Danach darf die aus dem Anbau von Ölsaaten auf Stillegungsflächen gewonnene Ölschrotmenge, die für Nahrungs- oder Futtermittel verwendet wird, die Menge von 1 Mio. t Sojaschrotäquivalent nicht überschreiten[74]. Dies entspricht, je nach Umrechnungsfaktor, der Rapsschrotmenge von etwa 2,0 bis 2,3 Mio. t Non-food-Raps[75]. Eine Gemeinschaftsregelung zur Umsetzung dieser EU-Verpflichtung zur Begrenzung des Anbaus von Non-food-Ölsaaten auf stillgelegten Flächen besteht derzeit noch nicht, ist aber in Vorbereitung. Bisher wurde die kritische Grenze von 1 Mio. t Sojaschrotäquivalent aber noch nicht einmal näherungsweise erreicht[76].

Unabhängig von den zahlreichen Einzelregelungen bleibt festzuhalten, daß die wesentliche Änderung der Marktordnung für Ölsaaten in der Abschaffung der indirekten Preisstützungszahlungen über das System von Deficiency-Payments und der Einführung der neu geschaffenen Flächenbeihilfe besteht. Dabei ist für die Verwendung von Rapsöl als Treibstoff in besonderem Maße bedeutsam, daß seit der EU-Agrarreform der Anbau von Non-food-Pflanzen auf stillgelegten Flächen erlaubt ist, ohne daß es zu einer Kürzung der Stillegungsprämie kommt.

Für die Zukunft ist zu erwarten, daß es zu weiteren Veränderungen der marktpolitischen Rahmenbedingungen für Ölsaaten kommt. Im Rahmen der Agenda 2000 soll die Marktordnung für Ölsaaten durch Reduktion der mit der Ölsaaten-produktion verbundenen direkten Transferzahlungen und durch Aufhebung der für den Ölsaatensektor aufgrund des Blair-House-Abkommens zusätzlich getroffenen

---

[74] Vgl. Europäische Kommission, Generaldirektion Landwirtschaft (1997), S. 25; Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten (1998).
[75] Vgl. Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten (1995), S. 30.
[76] Vgl. Verband Deutscher Oelmühlen e.V. (1998).

Vereinbarungen an die Marktordnung für Getreide angeglichen werden. Unter der Annahme unveränderter Marktbedingungen würde die Anpassung der Beihilfen für Ölsaaten an eine einheitliche Zahlung für alle Ackerfeldfrüchte die Profitabilität des Anbaus von Ölsaaten wesentlich reduzieren und zu einer drastischen Einschränkung der Produktion von Ölsaaten führen[77]. Nach Berechnungen des Verbandes Deutscher Oelmühlen würde eine einheitliche Zahlung für alle Ackerfrüchte in Deutschland zu einer Kürzung der Hektarbeihilfe für Ölsaaten von durchschnittlich 36 % führen[78]. Darüber hinaus ist in der Agenda 2000 vorgesehen, die Bedingungen für die Flächenstillegung zu ändern. Zwar wird die obligatorische Flächenstillegung als Instrument beibehalten, jedoch wird der Regelsatz auf Null festgelegt. Eine freiwillige Flächenstillegung soll aber weiterhin zulässig sein, wobei die Ausgleichszahlungen hierfür auf dasselbe Niveau wie für Getreide festgelegt werden sollen[79].

Bei Umsetzung der Agenda 2000 würden sich die marktpolitischen Rahmenbedingungen für den Anbau von Ölsaaten fundamental verändern. Dies muß bei einer ökonomischen Analyse des Rapsanbaus berücksichtigt werden. Daher wird im folgenden der Rapsanbau zunächst unter den gegebenen ökonomischen Rahmenbedingungen analysiert. In Kapitel 5.5.4 wird dann versucht, die Auswirkungen einer Umsetzung der Agenda 2000 auf den Rapsanbau abzuschätzen.

3.3 Flächenpotential für den Anbau von Non-food-Raps

Das Flächenpotential für Rapssaaten in der Bundesrepublik Deutschland kann unter verschiedenen Aspekten analysiert werden. Zum einen kann man das Flächenpotential dadurch zu erfassen suchen, daß man das theoretisch maximale Flächenpotential für Rapssaaten ermittelt. Die Ausschöpfung des maximalen Flächenpotentials ist jedoch wenig realistisch, da der tatsächliche Rapsanbau von

---

[77] Vgl. Pezaros (1998), S. 26 f.
[78] Vgl. Verband Deutscher Oelmühlen e.V. (1997), S. 4.
[79] Vgl. Pezaros (1998), S. 26; Europäische Kommission, Generaldirektion Landwirtschaft (1998); Heim (1997), S. 7 ff.

anderen Faktoren beschränkt wird als von der maximal möglichen Anbaufläche. Zum einen gibt es aufgrund der bereits dargestellten Marktordnung für Ölsaaten Beschränkungen für die Anbaufläche von Rapssaaten und zum anderen hängen die tatsächlichen Flächen, auf denen Rapssaaten angebaut werden, von der ökonomischen Wettbewerbsfähigkeit des Rapsanbaus im Vergleich zu alternativen Nutzungsmöglichkeiten des Bodens ab. Diese verschiedenen Aspekte werden im folgenden bei der Ermittlung des Flächenpotentials für Rapssaaten in der Bundesrepublik Deutschland berücksichtigt.

Die gesamte Ackerfläche der Bundesrepublik Deutschland beträgt 11,8 Mio. ha[80]. Bei der Ermittlung des maximalen Flächenpotentials für Rapssaaten ist zunächst die Fruchtfolgerestriktion zu berücksichtigen. Raps sollte in der Fruchtfolge nur alle drei bis vier Jahre angebaut werden, so daß sich aus der Fruchtfolgerestriktion eine Begrenzung für das maximale Flächenpotential für Rapssaaten auf 25 bis maximal 33 % der gesamten Ackerfläche der Bundesrepublik Deutschland ergibt[81]. Aufgrund praktischer Erfahrungen ist jedoch ein vierjähriger Produktionszyklus vorzuziehen, da von einem Ackerflächenanteil von 20 bis 25 % an ein steigender Pflanzenschutzmittelaufwand und zurückgehende Rapserträge zu erwarten sind. Dies ist auf einen zunehmenden Befall mit pilzlichen und tierischen Schadenserregern sowie schwer bekämpfbaren Unkräutern zurückzuführen. Eine in einzelnen Betrieben auf günstigen Standorten vorgenommene Ausweitung des Rapsanbaus auf 50 % der Ackerfläche ist deshalb allenfalls als kurzfristige Anpassungsreaktion anzusehen, während eine solche Anbaupolitik längerfristig aufgrund steigender Kosten für den Pflanzenschutzmitteleinsatz und von Ertragsrückgängen keine wirtschaftlich sinnvolle Strategie darstellt[82]. Neben der Fruchtfolgerestriktion wird das Flächenpotential für den Anbau von Raps dadurch beschränkt, daß bestimmte Standorte aufgrund ihrer Bodengüte nicht für den Anbau von Raps geeignet sind. Faßt man die Fruchtfolge- und Standortaspekte für den Anbau von Rapssaaten zusammen, so kann man von einer geschätzten Fruchtfolge- und Standortrestriktion in Höhe von 15 % der gesamten Ackerfläche ausgehen[83]. Daraus ergibt sich in der

---

[80] Vgl. Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten (1996), S. 88.
[81] Vgl. Wintzer u.a. (1993), S. III-57; Kleinhanß, Kerchow, Schrader (1992), S. 95.
[82] Vgl. Kleinhanß, Kerckow, Schrader (1992), S. 95.
[83] Vgl. Bund-Länder-Arbeitsgruppe Nachwachsende Rohstoffe (1995), S. 132; Auerbach (1992), S. 16.

Bundesrepublik Deutschland ein maximales Flächenpotential für den Anbau von Rapssaaten in Höhe von 1,8 Mio. ha.

Hinsichtlich der aktuellen rechtlichen Begrenzung für den Anbau von Ölsaaten wird auf das vorhergehende Kapitel verwiesen. Für die hier zu analysierende Frage des Flächenpotentials von Rapssaaten sind insbesondere die nationale Ölsaatengarantiefläche der Bundesrepublik Deutschland und die Regelungen für die Begrenzung des Anbaus von Non-food-Ölsaaten auf Stillegungsflächen relevant. Diese Begrenzungen müssen für die Zukunft jedoch nicht unbedingt bindend sein, da sie durch Beschlüsse auf EU-Ebene entsprechend geändert werden können. In diesem Zusammenhang ist allerdings darauf hinzuweisen, daß für diese Regelungen zwingende Gründe bestehen und Änderungen dementsprechend zu Problemen in anderen Bereichen führen würden. Hier ist insbesondere darauf hinzuweisen, daß eine Aufhebung der rechtlichen Begrenzung des Anbaus von Ölsaaten zu neuen Konflikten im Rahmen des GATT führen dürfte. Zum anderen würde es durch die Aufhebung der Beschränkungen zu einer Ausweitung der EU-Agrarmarktordnungsausgaben kommen, woraus entsprechende Finanzierungsprobleme entstehen würden.

Aus ökonomischer Sicht wird die Anbaufläche für Rapssaaten dadurch beschränkt, daß Raps im Wettbewerb mit anderen Feldfrüchten, insbesondere Getreide, um den Anbau auf dem knappen Faktor Boden konkurriert. Bei rationalem Verhalten wird ein Betriebsleiter zur Übernahme neuer Anbauverfahren bzw. zu ihrer Ausweitung im Rahmen der Fruchtfolgegrenze bereit sein, solange die Faktorentlohnung mindestens die gleiche Höhe wie die Faktorentlohnung der verdrängten Verfahren erreicht. Wenn bei den betrachteten Anbauverfahren die Faktoren in gleichem Ausmaß genutzt werden, kann die Faktorentlohnung durch die Deckungsbeiträge ausgedrückt werden. Bezogen auf Raps bedeutet dies, daß der Anbau dann erfolgt, wenn die Deckungsbeiträge mindestens diejenigen konkurrierender Verfahren erreichen. Dem Marginalprinzip folgend werden bei steigenden Rapserträgen sukzessive die jeweils wettbewerbsschwächsten Getreidearten verdrängt[84]. Liegt der

[84] Vgl. Kleinhanß, Kerckow, Schrader (1992), S. 16.

Deckungsbeitrag von Raps unter dem Deckungsbeitrag der wettbewerbsschwächsten Getreidearten, so wird der Landwirt auf den Anbau von Raps verzichten.

Anders sieht die Situation im Bereich des Anbaus von Non-food-Raps auf stillgelegten Flächen aus. Auf diesen Flächen dürfen außer nachwachsenden Rohstoffen keine anderen Ackerfrüchte, insbesondere auch kein Getreide, angebaut werden. Daher steht als Alternative zum Anbau von Raps nur die reine Flächenstillegung zur Verfügung. Auf den ersten Blick wäre also zu vermuten, daß der Landwirt sich dann für den Anbau von Non-food-Raps auf stillgelegten Flächen entscheidet, wenn der Gewinn bzw. der Deckungsbeitrag des Anbaus von Non-food-Raps höher ist als der Deckungsbeitrag der reinen Flächenstillegung, während die Deckungsbeiträge des Anbaus anderer Feldfrüchte bei dieser Entscheidung keine Rolle spielen. Bei genauerer Betrachtung stellt sich die Anbauentscheidung des Landwirts jedoch als deutlich komplexeres Problem dar. Der Grund liegt darin, daß der Landwirt bei seiner betriebswirtschaftlichen Entscheidung neben dem Deckungsbeitragsvergleich auch die Fruchtfolgerestriktion berücksichtigen muß. Der Rapsanteil sollte in der Fruchtfolge einen bestimmten Anteil nicht überschreiten. Betriebe, in denen der Anbau von Nahrungsmittelraps die Nähe der Fruchtfolgegrenze erreicht, können daher nicht ohne weiteres zusätzlichen Raps in Form von Non-food-Raps anbauen, da dadurch die Fruchtfolgerestriktion überschritten würde. Ein Anbau von Non-food-Raps kann in diesen Betrieben nur vorgenommen werden, wenn gleichzeitig der Anbau von Nahrungsmittelraps eingeschränkt wird. Daher steht der Non-food-Raps zwar im Rahmen der Flächennutzung nicht in Konkurrenz zu anderen Feldfrüchten, im Rahmen der Fruchtfolgerestriktion steht der Non-food-Raps aber sehr wohl in Konkurrenz zum Anbau von Food-Raps[85]. Daraus folgt, daß für die Analyse der Wettbewerbsfähigkeit des Anbaus von Non-food-Raps auf Stillegungsflächen der oben skizzierte einfache Deckungsbeitragsvergleich zwischen dem Anbau von Non-food-Raps und der Flächenstillegung nicht ausreichend ist, sondern daß die Analyse nur anhand eines integrierten Ansatzes erfolgen kann, der neben dem Deckungsbeitragsvergleich

[85] Vgl. Langbehn, Meyer (1995), S. 92 ff.

auch die Fruchtfolgeaspekte erfaßt[86]. Eine genauere Analyse der Wettbewerbsfähigkeit des Anbaus von Non-food-Raps wird in den folgenden Kapiteln vorgenommen.

[86] Vgl. Schefski, Kleinhanß (1995), S. 111.

4. Betriebswirtschaftlicher Teil

Im folgenden werden die betriebswirtschaftlichen Aspekte einer Verwendung von Rapsöl als Treibstoff behandelt. In Kapitel 4.1 wird die Angebotsseite des Marktes für Rapsöltreibstoffe betrachtet. Dazu werden zunächst der Anbau von Non-food-Raps und anschließend die Verarbeitung der Rapssaat zu Rapsöl einer ökonomischen Analyse unterzogen. Auf Basis dieser Ergebnisse können dann die Bereitstellungskosten der Rapsöltreibstoffe bei derzeitigen und bei ausgeweiteten Produktionsmengen ermittelt und die relative Wettbewerbsposition der Rapsöltreibstoffe im Vergleich zu mineralischem Dieselkraftstoff bestimmt werden. Im Anschluß an die Analyse der Angebotsseite erfolgt in einem weiteren Schritt die Analyse der Nachfrageseite auf dem Markt für Rapsöltreibstoffe.

4.1 Analyse der einzelwirtschaftlichen Rentabilität der Erzeugung von Rapsöl und RME

4.1.1 Ökonomik des Anbaus von Non-food-Raps auf stillgelegten Flächen

Im folgenden soll die Wettbewerbsfähigkeit des Anbaus von Non-food-Raps analysiert werden. Wie noch zu zeigen sein wird, kommt der Erzeugung von Rapssaat als erster Stufe der Prozeßkette zur Herstellung von Rapsöl als Treibstoff bei der ökonomischen Analyse besondere Bedeutung zu, da der größte Teil der Erzeugungskosten des Rapsöltreibstoffs auf die Rohstoffkosten entfällt.

Raps für Treibstoffzwecke kann sowohl auf stillgelegten als auch auf normal bewirtschafteten Flächen, den sogenannten Basisflächen, angebaut werden. Aufgrund des deutlich niedrigeren Marktpreises von Non-food-Raps gegenüber Raps für Nahrungsmittelzwecke ist der Anbau von Non-food-Raps auf Basisflächen jedoch nicht wettbewerbsfähig. Daher wird in der folgenden Analyse nur der Anbau von Non-food-Raps auf stillgelegten Flächen analysiert. Die im folgenden abgeleiteten Ergebnisse der Beurteilung der Wettbewerbsfähigkeit für den Anbau von Non-food-Raps können nicht ohne weiteres auf Raps für Nahrungsmittelzwecke übertragen werden, da sich sowohl

die marktpolitischen Rahmenbedingungen als auch die Marktlage zwischen Food- und Non-food-Raps erheblich unterscheiden.

Einen ersten Hinweis auf die Wettbewerbsfähigkeit des Anbaus von Non-food-Raps auf stillgelegten Flächen erhält man, wenn man betrachtet, in welchem Umfang der Anbau von Non-food-Raps auf stillgelegten Flächen erfolgt. Einen Überblick gibt Tabelle 1. Der Anbau von Non-food-Raps auf Stillegungsflächen wurde nach Umsetzung der EU-Agrarreform im Jahr 1993 aufgenommen. Seither ist er zwar deutlich ausgeweitet worden, die bestehenden Möglichkeiten der Verwendung stillgelegter Flächen für den Anbau von Non-food-Raps werden aber bei weitem nicht ausgeschöpft. Die hohe Ausweitung des Anbaus von 1994 auf 1995 ist nicht repräsentativ, da sie weitgehend auf Sonderfaktoren beruht und keine trendmäßige Entwicklung darstellt. Ein großer Teil dieses Anbauzuwachses erfolgte in den neuen Bundesländern. Ursache hierfür war in erster Linie die bereits oben dargestellte Begrenzung der prämienbegünstigten Ölsaatenfläche nach Bundesländern. Da die Höchstgrenzen in den neuen Ländern weit unterhalb der Aussaatflächen für Nahrungsmittelraps lagen, bestand die einzige Anpassungsmöglichkeit in der Umdeklaration der über die Garantieflächen hinausgehenden Rapsflächen als Non-food-Raps[87].

Tabelle 1: Anbau von Non-food-Raps auf Stillegungsflächen in ha

	1993	1994	1995	1996	1997
Konjunkturelle Flächenstillegung	1 050 400	1 339 260	1 319 110	1 206 903	821 146
Davon Anbau von Non-food-Raps	60 406	132 708	327 827	231 816	107 000

Quellen: Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten (1996), S. 97; Schefski, Kleinhanß (1995), S. 19; Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe (1998); Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten, telefonische Auskunft vom 9.7.1998.

Da die Ursache für den vergleichsweise geringen Anteil des Anbaus von Non-food-Raps an der gesamten stillgelegten Fläche weder in rechtlichen Gründen noch in der

[87] Vgl. Schefski, Kleinhanß (1995), S.18; Bertram (1994a), S. 12 f.

Fruchtfolgerestriktion liegt, ist davon auszugehen, daß in erster Linie ökonomische Gründe für diese Entwicklung verantwortlich sind. Diese sollen im folgenden näher analysiert werden.

Wie bereits dargestellt, kann man bei gleicher Beanspruchung der fixen Faktoren den Wettbewerbsvergleich zwischen einzelnen Verfahren der Bodennutzung anhand einer Deckungsbeitragsrechnung durchführen. Zusätzlich müssen bei der Analyse der Wettbewerbsfähigkeit des Non-food-Rapses die Fruchtfolgeaspekte berücksichtigt werden. Wie erwähnt, ist daher für eine Beurteilung der relativen Wettbewerbsfähigkeit des Anbaus von Non-food-Raps auf Stillegungsflächen ein integrierter Modellansatz erforderlich, der neben dem Vergleich des Deckungsbeitrags des Anbaus von Non-food-Raps auf stillgelegten Flächen mit dem Deckungsbeitrag der reinen Flächenstillegung auch die Konsequenzen der Fruchtfolgerestriktion berücksichtigt. Ein solches Modell wäre jedoch sehr komplex und würde sehr hohe Anforderungen an das benötigte Zahlenmaterial stellen. Da die Analyse der Zusammenhänge auch mit einem vereinfachten Verfahren möglich ist, ohne daß wesentliche Informationen verloren gehen, steht dem Aufwand für das komplexe Modell kein entsprechender Erkenntnisgewinn gegenüber. Darum wird im folgenden auf die Erstellung eines solchen Modells verzichtet und statt dessen ein vereinfachtes Verfahren gewählt. Dafür wird zunächst ein Vergleich der Deckungsbeiträge des Anbaus von Non-food-Raps und der reinen Flächenstillegung vorgenommen. Auf Basis dieser Ergebnisse werden dann in einem weiteren Schritt die Fruchtfolgeaspekte in die Analyse einbezogen.

Im folgenden soll zunächst der Vergleich der Deckungsbeiträge vorgenommen werden. Dazu wird in Tabelle 2 der Deckungsbeitrag des Anbaus von Non-food-Raps auf stillgelegten Flächen mit dem Deckungsbeitrag der reinen Flächenstillegung verglichen. Dabei ist zu beachten, daß es sich um eine Berechnung auf Basis von Durchschnittswerten handelt. Sie soll Tendenzaussagen erlauben und muß nicht für jeden einzelnen Betrieb gültig sein. Dies wäre schon deshalb nicht möglich, weil die regionalen Anbau- und Produktionsstrukturen in der Bundesrepublik Deutschland erheblich differieren. So unterscheiden sich der Anteil des Rapsanbaus, die Ertragsniveaus, die Produktionskosten und die Deckungsbeiträge der Rapsproduktion deutlich zwischen den einzelnen Regionen bzw. Betrieben[88]. Daher kann letztlich nur

[88] Vgl. Kleinhanß (1989), S. 260 f.; Schefski, Kleinhanß (1995), S. 5 f.

eine exakte betriebswirtschaftliche Kalkulation im Einzelbetrieb zeigen, ob für den jeweils betrachteten Betrieb der Anbau von Non-food-Raps anstelle der reinen Flächenstillegung aus einzelwirtschaftlicher Sicht lohnend ist.

Nachfolgend wird davon ausgegangen, daß für Non-food-Raps und Raps zu Nahrungsmittelzwecken dieselben Produktionstechnologien gelten, mit der Ausnahme, daß beim Anbau von Non-food-Raps ein geringerer durchschnittlicher Ertrag zugrundegelegt wird. Dies ist dadurch zu begründen, daß aufgrund der Reform der EU-Ölsaatenmarktordnung und des geringeren Erlöses von Non-food-Raps im Vergleich zu Food-Raps beim Anbau von Non-food-Raps auf stillgelegten Flächen den mengen- und ertragsabhängigen Erlöskomponenten ein vergleichsweise geringeres Gewicht am Gesamterlös zukommt. Daher wird der Anbau von Non-food-Raps auf Stillegungsflächen zumeist in weniger intensiver Form betrieben, d.h. es wird in Bezug auf Düngung und Pflanzenschutz weniger Aufwand betrieben als zum Erzielen des an dem jeweiligen Standort möglichen Maximalertrags notwendig wäre[89]. Im Jahr 1997 betrugen die durchschnittlichen Erträge von Non-food-Raps auf stillgelegten Flächen je nach Bundesland zwischen 11 und 32 dt/ha, wobei die Erträge in den meisten Bundesländern im Bereich von 25 dt/ha lagen[90]. Damit liegen die Erträge für Non-food-Raps zum Teil deutlich unter den entsprechenden Erträgen für Food-Raps in den einzelnen Bundesländern. Im Sinne einer Durchschnittsberechnung wird in der folgenden Deckungsbeitragsrechnung für den Anbau von Non-food-Raps ein Ertrag von 25 dt/ha zugrundegelegt. Wie sich zeigen wird, ergibt sich aber keine wesentliche Änderung der relativen Wirtschaftlichkeit des Anbaus von Non-food-Raps, wenn man bei der Berechnung von höheren Hektarerträgen ausgeht. Die Preise für Non-food-Raps werden zwischen den Erzeugern und Verwendern frei ausgehandelt und liegen deutlich unter den Preisen, die sich durch den Verkauf von Raps zu Nahrungsmittelzwecken erzielen lassen. In den Jahren 1995 bis 1997 lagen die Preise für Non-food-Raps mit durchschnittlich 27 DM/dt um etwa 10 DM niedriger als der Weltmarktpreis für Food-Raps[91]. Neben den Durchschnittserlösen sind für die Deckungsbeitragsrechnung die variablen Kosten des Rapsanbaus zu ermitteln. Diese fallen für einzelne Betriebe teilweise sehr unterschiedlich aus, da sie von der Bodenart, dem Klima und der Betriebsstruktur abhängig sind. Im folgenden werden für die

[89] Vgl. Steinhauser (1991), S. 150; Makowski, Michel (1994), S. 55.
[90] Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten, schriftliche Auskunft vom 8.7.98.
[91] Vgl. Deutscher Bundestag (1996), S. 148; Bockey (1998), S. 78.

variablen Kosten Daten des Kuratoriums für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft verwendet. Beim Wettbewerbsvergleich zwischen dem Anbau von Non-food-Raps und der Flächenstillegung wird berücksichtigt, daß auch bei einer reinen Flächenstillegung gewisse Begrünungskosten anfallen. Der Grund liegt darin, daß auf selbstbegrünten Flächen an vielen Standorten in den Folgejahren erhebliche Verunkrautungsprobleme zu erwarten sind. Daher ist eine gezielte Begrünung, z.B. durch Einsaat von Kleegras, notwendig[92].

Tabelle 2: Deckungsbeitrag des Anbaus von Non-food-Raps auf Stillegungsflächen im Vergleich zur Flächenstillegung

		Anbau von Non-food-Raps	Stillegung
Ertrag	dt/ha	25	
Preis	DM/dt	27	
Erlös/Marktleistung	DM/ha	675	
Saatgut	DM/ha	65	52
Düngung	DM/ha	227	
Pflanzenschutz	DM/ha	250	
var. Maschinenkosten	DM/ha	336	35
sonst. var. Kosten	DM/ha	103	
Deckungsbeitrag I	DM/ha	-306	-87
Stillegungsprämie	DM/ha	750	750
Deckungsbeitrag II	DM/ha	444	663

Quelle: Eigene Berechnungen auf Basis von Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft (1996).

Die Deckungsbeitragsrechnung zeigt, daß ein positiver Deckungsbeitrag beim Anbau von Non-food-Raps nur aufgrund der Stillegungsprämie entstehen kann. Ohne Berücksichtigung der Stillegungsprämie ist der Deckungsbeitrag (Deckungsbeitrag I) eindeutig negativ. Von kostendeckenden Erzeugerpreisen kann also im Fall des Non-food-Rapses nicht gesprochen werden. Darüber hinaus ist zu erkennen, daß der Anbau von Non-food-Raps in der hier durchgeführten Deckungsbeitragsrechnung auch gegenüber der reinen Flächenstillegung nicht wettbewerbsfähig ist, d.h. der Anbau von Non-food-Raps auf stillgelegten Flächen lohnt sich unter den gegebenen Marktbedingungen für durchschnittliche Betriebe nicht[93]. Aus diesem Zusammenhang

[92] Vgl. Schefski, Kleinhanß (1995), S. 22.
[93] Vertreter der Landwirtschaft kommen diesbezüglich zu einer ähnlichen Einschätzung, vgl. z.B. o. V. (1994a).

wird deutlich, daß die in der Literatur teilweise zu findende Einschätzung, ein positiver Deckungsbeitrag der Erzeugung von Non-food-Raps sei hinreichend dafür, daß dessen Anbau wettbewerbsfähig ist, nicht zutreffend ist. Diese fehlerhafte Einschätzung beruht auf der Annahme, daß dem Landwirt bei der Produktion von Non-food-Raps keine Opportunitätskosten der entgangenen Bodennutzung entstehen, da der Landwirt auf den Stillegungsflächen außer nachwachsenden Rohstoffen keine anderen Ackerfrüchte anbauen kann. Diese Annahme ist jedoch unzutreffend, denn es steht dem Landwirt auf den stillgelegten Flächen sehr wohl eine Alternative gegenüber dem Anbau von nachwachsenden Rohstoffen zur Verfügung. Die Alternative besteht darin, diese Flächen unter Erhalt der Stillegungsprämie stillzulegen. Wie aus Tabelle 2 zu entnehmen ist, ist dies eine für den Landwirt durchaus lohnende Alternative, da er mit ihr einen positiven Deckungsbeitrag erwirtschaftet, der höher ist als der Deckungsbeitrag des Anbaus von Non-food-Raps auf den stillgelegten Flächen.

Wie aus Tabelle 3 zu erkennen ist, führt auch eine intensivere Flächennutzung mit höheren Rapserträgen pro ha zu keiner wesentlichen Verbesserung der relativen Wettbewerbsposition des Anbaus von Non-food-Raps auf stillgelegten Flächen. Auch bei einem Ertrag von 33 dt/ha liegt der Deckungsbeitrag des Anbaus von Non-food-Raps in der Modellrechnung deutlich unter dem Deckungsbeitrag der reinen Flächenstillegung.

Tabelle 3: Deckungsbeitrag des Anbaus von Non-food-Raps auf Stillegungsflächen bei höherem Ertragsniveau

Ertrag	dt/ha	33
Preis	DM/dt	27
Erlös/Marktleistung	DM/ha	891
Saatgut	DM/ha	65
Düngung	DM/ha	318
Pflanzenschutz	DM/ha	310
var. Maschinenkosten	DM/ha	363
sonst. var. Kosten	DM/ha	141
Deckungsbeitrag I	DM/ha	-306
Flächenprämie	DM/ha	750
Deckungsbeitrag II	DM/ha	444

Quelle: Eigene Berechnungen auf Basis von Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft (1996).

Lediglich für Betriebe mit guten Anbaubedingungen für Raps und niedrigen variablen Kosten des Rapsanbaus kann der Anbau von Non-food-Raps auf stillgelegten Flächen unter den derzeitigen Preisbedingungen die überlegene Alternative darstellen. Damit in der Modellrechnung der Anbau von Non-food-Raps im Vergleich zur reinen Flächenstillegung wettbewerbsfähig sein kann, dürfen bei einem Ertrag von 25 dt/ha die variablen Kosten des Anbaus von Non-food-Raps maximal 762 DM/ha betragen. Nur wenn die variablen Kosten diesen Wert nicht überschreiten, kann durch den Anbau von Non-food-Raps ein höherer Deckungsbeitrag erzielt werden als durch die reine Flächenstillegung. In Betrieben mit derart niedrigen variablen Kosten des Anbaus von Non-food-Raps wird jedoch die Fruchtfolgerestriktion wesentlich. Da an diesen Standorten der Rapsanteil in der Fruchtfolge schon weitgehend durch Raps für Nahrungsmittelzwecke ausgeschöpft wird, muß beim Anbau von Non-food-Raps die Produktion von Food-Raps eingeschränkt werden. Der Anbau von Non-food-Raps würde sich an diesen Standorten daher nur dann lohnen, wenn der niedrigere Deckungsbeitrag durch die Verdrängung des Food-Rapses durch den zusätzlichen Deckungsbeitrag aufgrund des Übergangs von der Stillegung zum Anbau von Non-food-Raps ausgeglichen werden kann. Die Fruchtfolgerestriktion führt deshalb dazu, daß auch an Standorten mit günstigen Anbaubedingungen nur ein geringes Anbaupotential für Non-food-Raps besteht.

Bei Betrachtung der Ergebnisse stellt sich die Frage, wie es zu erklären ist, daß trotz fehlender Wirtschaftlichkeit des Anbaus von Non-food-Raps auf stillgelegten Flächen gegenüber der reinen Flächenstillegung dennoch Non-food-Raps angebaut wird. Hierfür ist in erster Linie der hohe Vorfruchtwert des Anbaus von Raps und die dadurch gerade an Standorten mit getreidebetonten Fruchtfolgen gegebene Möglichkeit der Optimierung der Fruchtfolge von Bedeutung. Der Vorfruchtwert von Raps entspricht dem Mehrertrag, den die Nachfrucht erzielt, wenn Raps statt einer anderen Feldfrucht in die Fruchtfolge aufgenommen wird. Er ist abhängig von der Bodenart, der Bodengüte, den Anbau- und Wachstumsbedingungen des Standortes für die Nachfrucht, den Preisen der Nachfrucht und ist als Leistung des Rapses zu bewerten[94]. Die Relevanz der Fruchtfolgeaspekte für den Anbau von Non-food-Raps wird deutlich, wenn man die Verteilung seines Anbaus auf die einzelnen Bundesländer betrachtet. In Tabelle 4 ist zu erkennen, daß es an den für den Rapsanbau traditionell günstigen Standorten in Norddeutschland nicht

[94] Vgl. Sauermann (1993). S. 120.

zu einem verstärkten Anbau von Non-food-Raps kommt. Hingegen wird die Möglichkeit zum Anbau von Non-food-Raps überproportional in den Bundesländern genutzt, in denen aufgrund der geringen Wettbewerbsfähigkeit des Nahrungsmittelrapses getreidebetonte Fruchtfolgen vorherrschen. Die Entscheidung über den Anbau von Non-food-Raps ist demnach nur zum Teil von der Höhe der Deckungsbeiträge abhängig. Für eine realistische Darstellung ist es deshalb nötig, auch Fruchtfolgeaspekte zu berücksichtigen. Unter Fruchtfolgeaspekten ist der Anbau von Non-food-Raps also in erster Linie an solchen Standorten interessant, an denen der Nahrungsmittelraps gegenüber Getreide eine geringe Wettbewerbsfähigkeit aufweist. An diesen Standorten mit getreidebetonten Fruchtfolgen kann der Anbau von Non-food-Raps dazu genutzt werden, den notwendigen Blattfruchtanteil in der Fruchtfolge zu erreichen und dennoch nicht auf die hohen Gewinne aus dem Getreideanbau verzichten zu müssen[95].

Über diese Aspekte hinaus hat der Anbau von Non-food-Raps auf stillgelegten Flächen den Vorteil, daß dort nur dann Gülle ausgebracht werden darf, wenn die Flächen für den Anbau nachwachsender Rohstoffe genutzt werden. Erfolgt hingegen kein Anbau, so besteht auf diesen Flächen ein Ausbringungsverbot für Gülle[96]. Dieser Aspekt ist in erster Linie in viehstarken Betrieben von Relevanz, die einen hohen Gülledruck auf ihre Ackerflächen haben und bei denen daher die nach der Düngemittelanwendungsverordnung zulässigen Höchstgrenzen auf ihren Flächen voll oder annähernd ausgeschöpft sind. Bauen diese Betriebe auf ihren stillgelegten Flächen keine nachwachsenden Rohstoffe an, so müssen sie die Gülle entsorgen und werden durch zusätzliche Entsorgungskosten belastet[97]. Diese Entsorgungskosten müssen in viehstarken Betrieben bei der Entscheidung zwischen dem Anbau von Non-food-Raps und der reinen Flächenstillegung berücksichtigt werden und sind in einer Deckungsbeitragsrechnung dem Anbau von Non-food-Raps gutzuschreiben. Damit der Anbau von Non-food-Raps in diesen Betrieben wettbewerbsfähig sein kann, müssen ceteris paribus die mit der Entsorgung der Gülle verbundenen Kosten mindestens so hoch sein wie die Differenz der Deckungsbeiträge von Non-food-Raps und der reinen Flächenstillegung. In der oben durchgeführten Modellrechnung müßten bei einem Ertrag von 25 dt/ha die pro ha Ackerfläche eingesparten Kosten für die Entsorgung der

[95] Vgl. Langbehn, Meyer (1995), S. 96.
[96] Vgl. Haris, Leininger, Lendle (1996), S. 517 f.; Landwirtschaftskammer Westfalen-Lippe (1993), S. 3 f.
[97] Vgl. Landwirtschaftskammer Westfalen-Lippe (1993), S. 8 ff.

Gülle mindestens 219 DM/ha betragen. Demnach kann sich die relative Wettbewerbsfähigkeit von Non-food-Raps im Vergleich zur reinen Flächenstillegung durch Berücksichtigung der eingesparten Kosten der Gülleentsorgung verbessern.

Tabelle 4: Anbau von Food- und Non-food-Raps nach Bundesländern (1997)

	Food-Raps 1997		Non-food-Raps 1997		
	Fläche in 1000 ha	Anteil in % an der Ackerfläche	Fläche in 1000 ha	Anteil in % an der Ackerfläche	Anteil des Non-food-Raps am ges. Raps
Baden-Württemberg	38,85	4,62	6,49	0,77	14,31
Bayern	101,26	4,71	10,79	0,51	9,63
Brandenburg	64,40	6,19	10,23	0,98	13,71
Hessen	44,97	8,94	4,27	0,86	8,67
Mecklenburg-Vorp.	169,02	15,94	9,32	0,89	5,23
Niedersachsen	62,02	3,49	6,36	0,36	9,30
Nordrhein-Westfalen	40,06	3,65	5,37	0,49	11,82
Rheinland-Pfalz	21,75	5,43	2,10	0,53	8,81
Saarland	2,22	5,72	0,20	0,52	8,26
Sachsen	73,54	10,30	16,38	2,28	18,22
Sachsen-Anhalt	83,00	8,32	17,48	1,74	17,40
Schleswig-Holstein	81,56	14,00	4,38	0,75	5,10
Thüringen	74,96	11,98	16,25	2,60	17,82
Stadtstaaten	0,53	5,35	0,00	0,00	0,00
Deutschland	858,14	7,25	109,62	0,93	11,33

Quelle : Eigene Berechnungen auf Basis von Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V., schriftliche Auskunft vom 22.6.1998; Statistisches Bundesamt, schriftliche Auskunft vom 6.8.1998.

4.1.2 Der potentielle Beitrag des Rapsanbaus zur Treibstoffversorgung

Die durchgeführte Deckungsbeitragsrechnung ist nur für die derzeitig gegebene Produktionsmenge an Non-food-Raps gültig. Um einen nennenswerten Beitrag zur Treibstoffversorgung leisten zu können, müßte die Produktion von Non-food-Raps deutlich ausgeweitet werden. 1997 wurde in der Bundesrepublik Deutschland auf 107 000 ha Non-food-Raps angebaut. Legt man die regionalen Erträge auf der Ebene

der Bundesländer zugrunde, so ergibt sich daraus eine Anbaumenge von 268 020 t Non-food-Raps. Da aus einer Tonne Rapssaat bei hundertprozentiger Auspressung 0,4 t Rapsöl gewonnen werden können[98], lassen sich daraus maximal 107 208 t Rapsöl herstellen. Wie aus Tabelle 5 ersichtlich, könnte dadurch nur ein marginaler Beitrag zur Deckung des gesamten Dieselkraftstoffverbrauchs in der Bundesrepublik Deutschland in Höhe von 26 Mio. t geleistet werden. Ein nennenswerterer Beitrag zur Versorgung mit Dieselkraftstoff könnte z.B. dann erreicht werden, wenn auf der gesamten konjunkturell stillgelegten Fläche Non-food-Raps angebaut werden würde. 1997 betrug die konjunkturell stillgelegte Fläche 821 146 ha (vgl. Tabelle 1). Legt man für den Anbau von Non-food-Raps einen durchschnittlichen Hektarertrag von 25 dt/ha zugrunde, so ergibt sich daraus auf den konjunkturell stillgelegten Flächen ein Anbaupotential von etwa 2,1 Mio. t Non-food-Raps, woraus 840 000 t Rapsöl hergestellt werden könnten. Durch den Anbau von Non-food-Raps auf den gesamten stillgelegten Flächen könnte z.B. der Eigenbedarf der Landwirtschaft an Dieselkraftstoff zur Hälfte gedeckt werden.

Tabelle 5: Sektoraler Verbrauch von Dieselkraftstoff in der Bundesrepublik Deutschland in 1000 t

	1996
Straßenverkehr	22 180
Landwirtschaft	1 630
Schiffahrt und Fischerei	504
Schienenverkehr	725
Militärverbrauch	72
Stationäre und ortbewegliche Motoren sowie nichtmotorische Zwecke	871
Gesamt	25 982

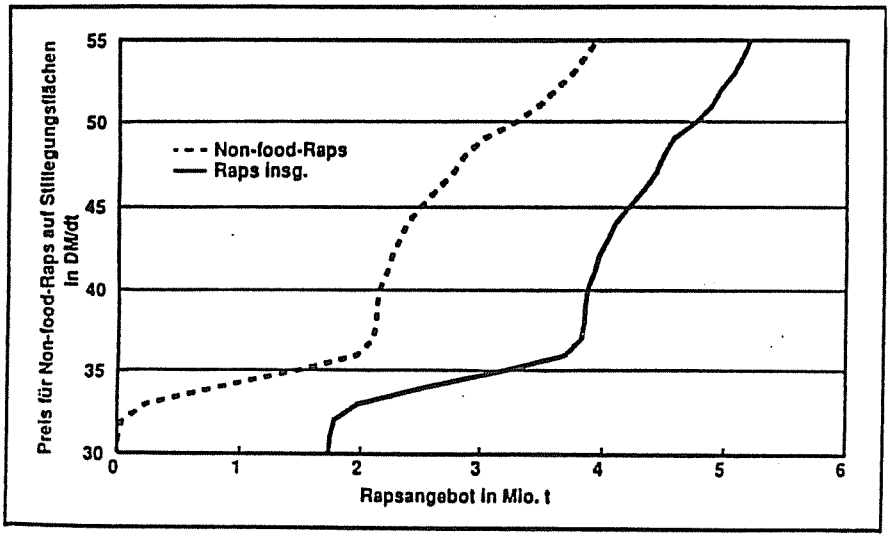
Quelle: Mineralölwirtschaftsverband (1997), S. 30.

Unter den gegebenen Rahmenbedingungen ist eine erhebliche Ausweitung des Anbaus von Non-food-Raps aufgrund der in den meisten Betrieben nicht gegebenen Wettbewerbsfähigkeit jedoch nicht zu erwarten. Die Wirtschaftlichkeit des Anbaus von Non-food-Raps kann für die meisten Betriebe erst bei deutlich gestiegenem Preis erreicht werden. Schefski, Kleinhanß[99] haben in einer Simulationsrechnung für die alten

[98] Vgl. Kleinhanß (1993a), S. 102.
[99] Vgl. Schefki, Kleinhanß (1994), S. 18.

Bundesländer berechnet, bei welchem Preis der Anbau von Non-food-Raps für einzelne Betriebe wettbewerbsfähig wird und daraus das Erzeugungspotential von Non-food-Raps in Abhängigkeit vom jeweiligen Marktpreis berechnet. Das Ergebnis ist in Abbildung 2 dargestellt.

Abbildung 2: Angebot an Non-food-Raps bei unterschiedlichen Preisbedingungen



Quelle: Schefski, Kleinhanß (1994), Abb. 6, S. 21.

Aus der Abbildung ist zu erkennen, daß der Anbau von Non-food-Raps erst bei Preisen von mehr als 30 DM/dt für eine größere Zahl von Betrieben wirtschaftlich wird. Eine annähernde Ausschöpfung des im Rahmen der Flächenstillegung mobilisierbaren Erzeugerpotentials ist hingegen erst bei Preisen von 35 bis 40 DM/dt zu erwarten. Wie noch zu zeigen sein wird, sind solche Preise unter den gegebenen Kostenbedingungen der Produktion von RME im Vergleich zur Produktion von Dieselkraftstoff wenig realistisch, so daß dementsprechend nicht zu erwarten ist, daß für die breite Masse der landwirtschaftlichen Betriebe der Anbau von Non-food-Raps auf stillgelegten Flächen unter den gegebenen Bedingungen wirtschaftlich lohnend wird.

Die Wettbewerbsfähigkeit des Anbaus von Non-food-Raps läßt sich damit nur über eine Erhöhung der Subventionierung des Anbaus erzielen. Um eine deutliche Ausweitung der Produktion von Rapsöl zu erreichen, müßte, bei Zugrundelegung der Ergebnisse

von Schefski, Kleinhanß, eine zusätzliche Subvention von etwa 10 DM/dt gewährt werden. Eine eingehendere Analyse des Subventionsbedarfs und der damit verbundenen Implikationen erfolgt in Kapitel 5.2.

4.1.3 Die langfristige Wettbewerbsfähigkeit des Anbaus von Non-food-Raps

Ein Deckungsbeitragsvergleich spiegelt die relative Wettbewerbsposition von Non-food-Raps nur dann korrekt wider, wenn bei den zu vergleichenden Alternativen die fixen Faktoren im gleichen Ausmaß eingesetzt werden. Im Fall des Vergleichs von Raps mit dem jeweils wettbewerbsschwächsten Getreide ist dies annähernd der Fall, weil beide Sorten als Mähdruschfrüchte die fixen Faktoren in ähnlichem Maß beanspruchen. Beim Vergleich mit der reinen Flächenstillegung ist dies hingegen nicht der Fall. Es ist zu erwarten, daß die reine Flächenstillegung die fixen Faktoren weniger stark beansprucht als der Anbau von Non-food-Raps auf den stillgelegten Flächen. Dadurch würde sich bei einer Vollkostenrechnung die relative Wettbewerbsfähigkeit des Anbaus von Non-food-Raps gegenüber der reinen Flächenstillegung weiter verschlechtern. Für die kurzfristige Angebotsentscheidung des einzelnen Landwirts sind diese Überlegungen jedoch nicht relevant, da die angesprochenen Faktoren kurzfristig fix sind und damit für den Landwirt nicht zur Disposition stehen, bei seiner kurzfristigen Angebotsentscheidung also keine Rolle spielen. Längerfristig können diese Faktoren allerdings sehr wohl verändert werden, müssen also bei einer langfristigen Betrachtung in die Analyse einbezogen werden und sind als Kosten der Produktion von Non-food-Raps einzurechnen. Dies soll im folgenden geschehen.

Die variablen Kosten erfassen nur einen Teil der gesamten betriebswirtschaftlichen Kosten der Rapserzeugung. Nicht enthalten sind u.a. die Kapitalkosten von Maschinen, Geräten und notwendigen Wirtschaftsgebäuden, die Gemeinkosten (z.B. Unterhaltung der Wirtschaftsgebäude, Beiträge zur Berufsgenossenschaft, Strom, Brennstoffe, Wasser) sowie die Arbeitskosten[100]. Die Arbeitskosten werden hier entgegen der gängigen Annahme zu den fixen Faktoren gezählt, da aufgrund der in der

[100] Vgl. Auerbach (1992), S. 72; Bund-Länder-Arbeitsgruppe Nachwachsende Rohstoffe (1995), S. 137 f.

Landwirtschaft weithin vorherrschenden Form des Familienbetriebs der Faktor Arbeit nicht in der Form variabel ist, wie es der Einsatz von Lohnarbeitskräften ist.

Ein erheblicher Teil der Studien zur Ermittlung der Kosten des Anbaus von Non-food-Raps bezieht die fixen Kosten nicht in die Analyse ein, sondern berücksichtigt nur die variablen Kosten des Rapsanbaus. Die variablen Kosten können als Grenzkosten des einzelnen Anbieters interpretiert werden, d.h. diese Studien beziehen sich streng genommen jeweils nur auf die Analyse einer marginalen Ausdehnung des Anbaus von Non-food-Raps. Geht es hingegen um eine langfristige Abschätzung des Angebotspotentials von Non-food-Raps, so müssen die fixen Kosten in die Analyse einbezogen werden, d.h. für eine langfristige Abschätzung der Wettbewerbsposition von Non-food-Raps werden die Kosten in den angesprochenen Studien deutlich zu niedrig ausgewiesen. Die Auswirkungen einer Einbeziehung der fixen Kosten auf die relative Wettbewerbsfähigkeit von Non-food-Raps verdeutlicht die Berechnung in der Tabelle 6.

Tabelle 6: Die relative Wettbewerbsfähigkeit von Non-food-Raps bei Einbeziehung der fixen Kosten

		Anbau von Non-food-Raps	Stillegung
Deckungsbeitrag II	DM/ha	444	663
zusätzliche fixe Maschinenkosten im Vergleich zur Stillegung	DM/ha	95	
zusätzliche Arbeitskosten im Vergleich zur Stillegung	DM/ha	220	
Deckungsbeitrag III	DM/ha	129	663

Quelle: Eigene Berechnungen auf Basis von Tabelle 2 und Landwirtschaftskammer Hannover (1998).

Der Arbeitszeitbedarf des Anbaus von Non-food-Raps ist um ca. 5 Akh je Hektar höher als der Arbeitszeitbedarf der gezielten Begrünung der stillgelegten Flächen[101]. Legt man den durchschnittlichen Stundenlohnsatz eines in der Landwirtschaft beschäftigten Arbeitnehmers in Höhe von etwa 19 DM zugrunde[102], so ergeben sich gegenüber der

[101] Vgl. Landwirtschaftskammer Hannover (1998).
[102] Vgl. Statistisches Bundesamt (1997), S. 602.

reinen Flächenstillegung für den zusätzlichen Arbeitseinsatz Mehrkosten in Höhe von 95 DM/ha. Darüber hinaus liegen im Falle des Anbaus von Non-food-Raps die fixen Maschinenkosten höher als bei der reinen Flächenstillegung. Diese Erhöhung der fixen Maschinenkosten dürfte mit etwa 220 DM/ha zu veranschlagen sein[103]. Durch die Einbeziehung der fixen Kosten verschlechtert sich die relative Wettbewerbsposition des Non-food-Rapses deutlich. In der Modellrechnung beträgt die Differenz zwischen dem Deckungsbeitrag von Non-food-Raps und dem der reinen Flächenstillegung unter Berücksichtigung der fixen Kosten 534 DM/ha. Damit dürfte der Anbau von Non-food-Raps selbst in Betrieben, in denen der Anbau kurzfristig die überlegene Strategie darstellt, langfristig nicht rentabel sein.

Die in der langen Frist nicht gegebene Wettbewerbsfähigkeit von Non-food-Raps wird noch deutlicher, wenn man in der Deckungsbeitragsrechnung nicht die Erhöhung der fixen Kosten im Vergleich zur Flächenstillegung, sondern die absolute Höhe der beim Anbau entstehenden fixen Kosten ansetzt. Eine solche Berechnung ist in Tabelle 7 durchgeführt worden.

Tabelle 7: Die Rentabilität des Anbaus von Non-food-Raps in der langen Frist

		Anbau von Non-food-Raps
Deckungsbeitrag II	DM/ha	444
fixe Maschinenkosten	DM/ha	184,30
Arbeitskosten	DM/ha	304,90
Deckungsbeitrag IV	DM/ha	-45,20

Quelle: Eigene Berechnungen auf Basis von Tabelle 2 und Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft (1998).

Aus der Berechnung wird deutlich, daß der Deckungsbeitrag von Non-food-Raps unter Berücksichtigung aller betriebswirtschaftlichen Kosten selbst unter Einbeziehung der

[103] Vgl. Landwirtschaftskammer Hannover (1998).

Flächenstillegungsprämie in Höhe von durchschnittlich 750 DM/ha negativ ist. Faßt man die Überlegungen zur langfristigen Wettbewerbsfähigkeit des Anbaus von Non-food-Raps zusammen, so muß man zu dem Ergebnis kommen, daß der Anbau unter den bestehenden Rahmenbedingungen langfristig nicht wettbewerbsfähig ist.

Es ist zu berücksichtigen, daß alle bisher durchgeführten Berechnungen unter Zugrundelegung der gegebenen Marktbedingungen und Marktordnungsregelungen durchgeführt wurden. Eventuelle Änderungen der Marktbedingungen bzw. der Marktordnungsregelungen haben unmittelbare Auswirkungen auf die Bewertung der relativen Wettbewerbsfähigkeit des Anbaus von Non-food-Raps auf stillgelegten Flächen. Hier ist insbesondere darauf hinzuweisen, daß im Rahmen der Agenda 2000 vorgesehen ist, die Marktordnung für Ölsaaten an die Marktordnung für Getreide anzugleichen. Auf die Konsequenzen, die sich daraus für den Anbau von Non-food-Raps ergeben können, wird in Kapitel 5.5.4 eingegangen.

4.1.4 Die Verarbeitung von Rapssaaten zu Rapsöl

Um von der geernteten Rapssaat zu einem einsatzfähigen Kraftstoff zu gelangen, bedarf es mehrerer Verarbeitungsschritte. Als erster Verarbeitungsschritt muß die Rapssaat gepreßt werden, um Rapsöl zu gewinnen. Dabei fällt neben dem Rapsöl das Nebenprodukt Rapsschrot an. Rapsschrot ist ein hochwertiges und gefragtes Eiweißfuttermittel, das zum überwiegenden Teil im Mischfutter für Rinder und Schweine verwendet wird[104]. Nach der Abpressung muß das rohe Rapsöl raffiniert werden, da es Verunreinigungen durch ungelöste Bestandteile und Fettbegleitstoffe enthält[105]. Die ungelösten Bestandteile führen beim Einsatz als Treibstoff zu Ablagerungen im Tank und würden das Kraftstoffsystem verstopfen. Daher ist es für einen Einsatz von Rapsöl als Kraftstoff notwendig, daß diese ungelösten Bestandteile durch Filterung und Entschleimung beseitigt werden. Die Fettbegleitstoffe senken den Flammpunkt, sind korrosiv gegenüber Eisen und verursachen im Motor Ablagerungen an den Düsen

[104] Vgl. Bundesregierung (1991), S. 4.
[105] Vgl. Leifert (1996), S. 6.

und im Brennraum. Sie werden im Raffinationsprozeß durch Entsäuerung, Bleichung und Desodorierung beseitigt. An die Raffination schließt sich gegebenenfalls noch die Veresterung des Rapsöls zu RME an.

Rapsöl wird in Ölmühlen gewonnen, die von unterschiedlicher Größe sein können. Die Bandbreite bewegt sich von kleinsten Ölmühlen, die von mehreren Landwirten gemeinsam genutzt werden, bis zu den Großanlagen der Ölmühlenindustrie[106]. Um eine Kategorisierung der vorhandenen Ölmühlen zu ermöglichen, wird im folgenden zwischen zentraler Verarbeitung in großtechnisch arbeitenden Ölmühlen und dezentraler Abpressung nach dem On-farm-Konzept unterschieden. Die Großanlagen der Ölmühlenindustrie verwenden zur Verarbeitung der Rapssaat in der Regel ein kombiniertes Preß-Extraktionsverfahren. Dabei werden über 98,5 % des in der Rapssaat enthaltenen Öls gewonnen[107].

Bei der Erzeugung von Rapsöl aus Rapssaat handelt es sich aus technischer Sicht um ein relativ einfaches Verfahren. Dies hat zur Überlegung geführt, anstatt der Verarbeitung in zentralen Ölmühlen eine dezentrale Verarbeitung in Kleinanlagen für den betrieblichen Eigenbedarf vorzunehmen (On-farm-Konzept). Um zu vermeiden, daß die Kosten der dezentralen Verarbeitung wesentlich über denen der Verarbeitung in zentralen Ölmühlen liegen, wird bei den Kleinpressen auf mehrere Schritte der Verarbeitung der Rapssaat verzichtet. Die Ölausbeute dieser Kleinpressen ist erheblich geringer als die der großindustriellen Ölmühlen und liegt zwischen 70 und 85 %[108]. Der Rest des Öls verbleibt im Rapsschrot und wird damit aufgrund des Preisverhältnisses zwischen Rapsöl und Rapsschrot inferior verwendet. Die geringe Ölausbeute ist bei der Beurteilung der Wirtschaftlichkeit der Anlagengrößen von entscheidender Bedeutung, da Rapsöl in der Regel einen höheren Preis hat als Rapsschrot. Neben diesem Aspekt sprechen weitere Gründe gegen eine On-farm-Ölgewinnung[109]. Die in den Kleinanlagen erzielbare Reinheit des Öls genügt nicht in jedem Fall den Ansprüchen einer Treibstoffnutzung, und eine gegebenenfalls notwendige Umesterung ist in den Kleinanlagen nicht möglich. Darüber hinaus würde eine betriebliche Eigenversorgung in vielen Regionen entweder zu einem Angebotsüberhang bei Rapsschrot oder zu

[106] Vgl. z.B. Auerbach (1992), S. 79.
[107] Vgl. Kleinhanß (1993a), S. 101.
[108] Vgl. Kleinhanß (1993a), S. 103.
[109] Vgl. Kleinhanß (1993a), S. 103; Schmoltzi (1989), S. 422 f.

Versorgungslücken bei Rapsöl führen. Der Ausgleich müßte dann über eine überregional arbeitende Vermarktungseinrichtung erfolgen, oder das Rapsschrot müßte inferior verwendet werden (z.B. als Düngemittel).

Diese Nachteile der dezentralen Verarbeitung können durch eine eventuelle Reduzierung der Transportwege und der Umschlagkosten bei dezentraler Verarbeitung nicht aufgewogen werden. Wenn überhaupt können dezentrale Anlagen nur dann annähernd in die Nähe der Verarbeitungskosten der industriellen Ölmühlen kommen, wenn sie eine relativ große Verarbeitungskapazität haben und voll ausgelastet werden[110]. Die notwendigen Mengen würden aber den einzelbetrieblichen Bedarf bei weitem übersteigen, so daß ein überbetrieblicher Absatz erfolgen müßte. Insgesamt sind die Großanlagen der Ölmühlenindustrie den Kleinpressen nach dem On-farm-Konzept aus ökonomischer Sicht überlegen. Daher sollte die Verarbeitung der Rapssaaten in zentralen Großanlagen erfolgen. Aufgrund der fehlenden Wirtschaftlichkeit wird im folgenden die Verarbeitung der Rapssaaten in Kleinanlagen nicht weiter berücksichtigt und bei der Analyse stets von einer Verarbeitung der Rapssaaten in den Großanlagen der Ölmühlenindustrie ausgegangen.

4.1.5 Bereitstellungskosten von Rapsöl und RME bei derzeitigen Produktionsmengen

Im folgenden werden die Bereitstellungskosten für die beiden Produkte Rapsöl und RME berechnet. Die Berechnungen beziehen sich auf Outputmengen, wie sie bisher in der Bundesrepublik Deutschland erzeugt worden sind. Dabei werden die Erlöse berücksichtigt, die durch den Verkauf der bei der Verarbeitung entstehenden Kuppelprodukte erzielt werden. Es wird von einer Verarbeitung der Rapssaaten in zentralen, großtechnisch arbeitenden Ölmühlen ausgegangen. Da es in Deutschland nur eine große Umesterungsanlage gibt[111], ist das vorhandene Datenmaterial nicht sehr umfangreich, was eine realistische Abschätzung der Kosten schwierig macht. Grundsätzlich haben die Berechnungen dieses Abschnitts Modellcharakter und sollen

[110] Vgl. Kleinhanß (1989), S. 271.
[111] Vgl. Rupalla (1996), S. 60 f.

eine generelle Beurteilung der Höhe der Bereitstellungskosten ermöglichen. Im Einzelfall können die tatsächlichen Bereitstellungskosten bzw. einzelne Aufwands- und Erlöskomponenten aus der angegebenen Spanne herausfallen. Zunächst sind die Kosten der Bereitstellung von rohem, noch nicht raffinierten Rapsöl zu berechnen. Diese Berechnung ist in Tabelle 8 enthalten.

Bei der Berechnung wird als Bezugspreis der Ölmühlen für Rapssaaten der gegebene Marktpreis für Non-food-Raps in Höhe von 27 DM/dt zugrunde gelegt. Bei dem in großtechnisch arbeitenden Ölmühlen angewandten Preß-Extraktionsverfahren werden aus 100 kg Rapssaat 39,4 kg Rapsöl gewonnen[112]. Dies bedeutet, daß zur Herstellung von 100 kg Rapsöl 253,8 kg Rapssaat benötigt werden. Daraus ergeben sich je nach Höhe der Umschlags- und Transportkosten sowie der Kosten der Ölgewinnung Rohstoffkosten für 100 kg Rapsöl, die zwischen 86,3 und 99,0 DM liegen. Da die Schrotausbeute beim Preß-Extraktionsverfahren 59,8 % der verarbeiteten Rapssaat beträgt, ergibt sich je 100 kg rohen Rapsöls ein Schrotausstoß von 151,8 kg. Legt man einen Marktpreis von 25 DM je 100 kg Rapsschrot zugrunde, so ergibt sich ein Erlös für Rapsschrot in Höhe von 38,0 DM je 100 kg Rapsöl. Berücksichtigt man diesen Erlös, so resultieren Bereitstellungskosten für 100 kg Rapsöl zwischen 48,3 DM und 61,0 DM.

Tabelle 8: Bereitstellungskosten von rohem Rapsöl

Preis für Non-food-Raps	DM/100 kg Rapssaat	27
Umschlag- und Transportkosten zur Ölmühle	DM/100 kg Rapssaat	2 - 5
Kosten der Ölgewinnung	DM/100 kg Rapssaat	5 - 7
Summe	DM/100 kg Rapssaat	34 - 39
		* 2,538
Rohstoffkosten	DM/100 kg Rapsöl	86,3 - 99,0
Erlös für Rapsschrot	DM/100 kg Rapsöl	38,0
Bereitstellungskosten für rohes Rapsöl	DM/100 kg Rapsöl	48,3 - 61,0

Quelle: Eigene Berechnungen auf Basis von Bertram (1993), S. 152 f.; Bertram (1994), S. 92; Kleinhanß (1993a), S. 107; Leifert (1996), S. 34; o. V. (1994).

Bis zu diesem Verarbeitungsschritt ist das Produktionsverfahren zur Herstellung von RME und von reinem Rapsöltreibstoff für den Einsatz in Elsbett-Motoren identisch und bedingt soweit übereinstimmende Kosten. Für die weitere Verarbeitung unterscheiden

[112] Vgl. Kleinhanß (1993a), S. 101.

sich die Verarbeitungsschritte der beiden Alternativen, so daß die Bereitstellungskosten für RME und für reinen Rapsöltreibstoff getrennt berechnet werden müssen. Die Kosten für die Bereitstellung von RME sind in Tabelle 9 ausgewiesen.

Tabelle 9: Bereitstellungskosten von RME bei derzeitigen Produktionsmengen

Bereitstellungskosten für rohes Rapsöl	DM/100 kg Rapsöl	48,3 - 61,0
Ausbeutungsverlust	DM/100 kg Rapsöl	1 - 2
Kosten der Umesterung incl. Teilraffination	DM/100 kg Rapsöl	20 - 26
Erlös des Glycerins	DM/100 kg Rapsöl	14
Bereitstellungskosten für RME ab Werk	DM/100 kg RME	55,3 - 75,0
		* 0,883
Kosten in Liter	DM/100 l RME	48,8 - 66,2
Verwaltungs-,Transport- und Vertriebskosten	DM/100 l RME	18 - 21
Bereitstellungskosten ab Tankstelle (ohne MwSt.)	DM/100 l RME	66,8 – 87,2

Quelle: Eigene Berechnungen auf Basis von Leifert (1996), S. 40; Bertram (1993), S. 152 f.; Bertram (1994), S. 92; Kleinhanß, Kerckow, Schrader (1992), S. 25; Connemann (1998), (1997); Bund-Länder-Arbeitsgruppe Nachwachsende Rohstoffe (1995), S. 140 ff.

Ausgangspunkt der Berechnung sind die in Tabelle 8 ermittelten Bereitstellungskosten für rohes Rapsöl, die zwischen 48,3 und 61,0 DM/100 kg liegen. Um zu den Bereitstellungskosten von RME ab Werk zu gelangen, müssen die Kosten der Umesterung sowie des Ausbeutungsverlustes hinzugerechnet und die aus dem Verkauf des Glycerins erzielten Erlöse gutgeschrieben werden. Die Kosten der Umesterung in großtechnisch arbeitenden Ölmühlen liegen zwischen 20 und 26 DM pro 100 kg Rapsöl. Bei der Umesterung von 1 kg Rapsöl werden 0,106 kg Glycerin gewonnen. Berücksichtigt man die Kosten für Reinigung, Vertrieb u.ä., ergibt sich aus dem Verkauf des Glycerins ein Reinerlös von etwa 14,0 DM je 100 kg Rapsöl. Daraus resultieren für RME Bereitstellungskosten ab Werk, die zwischen 55,3 und 75,0 DM für 100 kg RME liegen. Da RME eine Dichte von 0,883 kg/l hat, liegen die Kosten pro 100 Liter RME zwischen 48,8 und 66,2 DM. Rapsöl und RME müssen über eine separate Handels- und Vertriebskette vertrieben werden, so daß bei geringem Marktanteil erhebliche Verwaltungs-, Transport- und Vertriebskosten anfallen. Diese Kosten dürften zwischen

18 und 21 DM je 100 Liter liegen[113]. Bezieht man dies in die Berechnung ein, so ergeben sich Bereitstellungskosten für RME zwischen 66,8 und 87,2 DM je 100 Liter[114].

Die Berechnung der Kosten der Verwendung von reinem Rapsöltreibstoff in Elsbett-Motoren ist wesentlich komplexer als für RME, da auf der Verwendungsseite mit den zusätzlichen Kosten für die Umrüstung der Motoren auf das Elsbett-Prinzip ein zusätzlicher Kostenfaktor hinzukommt, der nicht in die Bereitstellungskosten von reinem Rapsöltreibstoff integriert werden kann. Daher erfolgt die Berechnung in zwei Schritten. Zunächst werden die Bereitstellungskosten von reinem Rapsöltreibstoff für Treibstoffzwecke berechnet. In einem zweiten Schritt werden dann die Kosten der Umrüstung der Motoren berücksichtigt, um so zu den gesamten Kosten zu gelangen, die mit der Nutzung von reinem Rapsöl als Treibstoff verbunden sind.

Tabelle 10: Bereitstellungskosten von reinem Rapsöltreibstoff bei derzeitigen Produktionsmengen

Bereitstellungskosten für rohes Rapsöl	DM/100 kg Rapsöl	48,3 - 61,0
Kosten der Raffination	DM/100 kg Rapsöl	2 - 6
Ausbeutungsverluste	DM/100 kg Rapsöl	1 - 2
Bereitstellungskosten ab Werk	DM/100 kg Rapsöl	51,3 - 69,0
		* 0,92
Kosten in Liter	DM/100 l Rapsöl	47,2 - 63,5
Verwaltungs-, Transport- und Vertriebskosten	DM/100 l Rapsöl	18 - 21
Bereitstellungskosten ab Tankstelle (ohne Mwst)	DM/100 l Rapsöl	65,2 - 84,5

Quelle: Eigene Berechnungen auf Basis von Leifert (1996), S. 38; Connemann (1998), (1997); Bund-Länder-Arbeitsgruppe Nachwachsende Rohstoffe (1995), S. 140 ff.

Die Berechnung der Bereitstellungskosten von reinem Rapsöl für Treibstoffzwecke erfolgt in Tabelle 10. Rechnet man zu den in Tabelle 8 ermittelten Bereitstellungskosten für rohes ungefiltertes Rapsöl die Raffinationskosten und die durch die Ausbeutungsverluste resultierenden Kosten hinzu, so ergeben sich Bereitstellungskosten für reinen Rapsöltreibstoff ab Werk, die zwischen 51,3 und 69,0 DM pro 100 kg liegen. Da reines

[113] Eine eingehendere Analyse der Höhe der Verwaltungs-, Transport- und Vertriebskosten erfolgt in Kapitel 4.2.2.

[114] Die ermittelten Bereitstellungskosten ergeben sich nur dann, wenn zur Herstellung von RME Non-food-Raps verwendet wird, dessen Preis deutlich unter dem Weltmarktpreis für Rapssaaten liegt. Müßten die Ölmühlen den Raps zu Weltmarktpreisen beziehen, so würden deutlich höhere Bereitstellungskosten resultieren; vgl. Kapitel 5.5.2.

Rapsöl eine mittlere Dichte von 0,92 kg/l[115] hat, ergeben sich daraus Kosten zwischen 47,2 und 63,5 DM je 100 Liter. Berücksichtigt man ferner die Verwaltungs-, Transport- und Vertriebskosten, so kommt man auf Bereitstellungskosten, die zwischen 65,2 und 84,5 DM für 100 Liter Rapsöl liegen.

Neben den Bereitstellungskosten des Rapsöltreibstoffs sind die zusätzlichen Kosten für die Umrüstung der Fahrzeuge auf den Elsbett-Motor zu berücksichtigen. Hinsichtlich der Investitionskosten für einen serienmäßigen Elsbett-Motor können keine Angaben gemacht werden, da dieser Motor bisher noch nicht in Großserie gefertigt wird. Daher sind nur Aussagen über die Investitionskosten bei den derzeit produzierten kleinen Stückzahlen möglich. Diese liegen laut Herstellerangaben in Abhängigkeit vom Fahrzeugtyp zwischen 4150 und 5650 DM[116]. Sollte der Elsbett-Motor in Zukunft in Serie gefertigt werden, so ist ein Absinken der damit verbundenen Investitionskosten zu erwarten[117]. Eine Umrechnung der zusätzlichen Kosten für den Elsbett-Motor auf die Maßeinheit DM pro 100 Liter Rapsöl ist mit erheblichen Problemen verbunden, da hierfür Annahmen über den Rapsölverbrauch des Fahrzeuges während seiner gesamten Nutzungsdauer getroffen werden müssen. Geht man von durchschnittlichen zusätzlichen Investitionskosten in Höhe von 5000 DM, der durchschnittlichen Fahrleistung (17 200 km pro Jahr) und dem durchschnittlichen Verbrauch (7,7 Liter pro 100 km) eines in Deutschland zugelassenen Diesel-Pkw[118] sowie einer Lebensdauer des Fahrzeuges von 13 Jahren aus, so ergeben sich, unter Vernachlässigung des entgangenen Zinsertrags, zusätzliche Kosten von 29 DM je 100 Liter Rapsöl. Bei Berücksichtigung des entgangenen Zinsertrags liegen die Kosten noch höher. Rechnet man diese Kosten zu den Bereitstellungskosten des Rapsöltreibstoffes hinzu, so ergeben sich mit der Nutzung von Rapsöl in Elsbett-Motoren Gesamtkosten, die zwischen 94,2 und 113,5 DM pro 100 l reinen Rapsöltreibstoffs liegen. Sollte der Elsbett-Motor in Zukunft in Serie gefertigt werden können, so würden die Mehrkosten im Vergleich zu einem konventionellen Dieselmotor deutlich absinken. Um bei einer längerfristigen Abschätzung die mit der Nutzung von reinem Rapsöltreibstoff verbundenen Mehrkosten nicht einseitig zu Lasten dieser Produktlinie zu verzerren, wird im folgenden davon ausgegangen, daß die Kosten für Elsbett-Motoren bei

---

[115] Vgl. Schäfer, Naber, Gairing (1998), S. 9.
[116] Vgl. Elsbett-Technologie GmbH (1998b).
[117] Vgl. zur Frage einer zukünftigen Serienproduktion von Elsbett-Motoren Kapitel 3.1.
[118] Vgl. Rieke (1996).

Serienfertigung auf ein ähnliches Niveau absinken wie die Kosten vergleichbarer konventioneller Dieselmotoren. Gemäß dieser Überlegung werden in den folgenden Abschnitten bei reinem Rapsöltreibstoff nur die Bereitstellungskosten ohne die Mehrkosten des Elsbett-Motors angesetzt. Das heißt jedoch nicht, daß diese Mehrkosten in einer kurzfristigen Betrachtung vernachlässigt werden dürfen.

Es ist darauf hinzuweisen, daß bei der Berechnung der Bereitstellungskosten für Rapsöl und RME von günstigen Annahmen ausgegangen wurde (z.B. Verarbeitung der Rapssaaten in technisch optimierten Großanlagen). Daher stellen die ermittelten Werte die untere Grenze für die Bereitstellungskosten dar. Zudem ist zu betonen, daß bei den Berechnungen lediglich Kostendeckung unterstellt wurde und somit Gewinne und Handelsspannen nicht berücksichtigt sind.

4.1.6 Bereitstellungskosten für Rapsöltreibstoffe bei erheblicher Ausweitung der produzierten Mengen

Die bisherigen Berechnungen gelten für Produktionsmengen, wie sie bisher in der Bundesrepublik Deutschland produziert worden sind. Wie bereits erwähnt, reichen diese Mengen bei weitem nicht aus, um einen nennenswerten Beitrag zur Treibstoffversorgung in Deutschland leisten zu können. Soll Rapsöl einen mehr als marginalen Beitrag zur Treibstoffversorgung leisten, müssen die produzierten Mengen an Rapsöl bzw. RME deutlich ausgeweitet werden. Bei einer solchen Ausweitung kommt es zu einer Veränderung der Kosten und Erträge der Rapsöl- bzw. RME-Produktion, so daß die oben dargestellten Berechnungen der Bereitstellungskosten modifiziert werden müssen.

Bei einer Ausweitung der Produktion müssen zunächst eventuell auftretende Skaleneffekte berücksichtigt werden. Für die Verarbeitung von Rapssaaten sind kaum positive Skaleneffekte zu erwarten, da in der Ölauspressung aufgrund der Verarbeitung von Rapssaaten zu Nahrungsmittelzwecken bereits in großen Mengen produziert wird, und die großen Anlagen der Ölmühlenindustrie so konzipiert sind, daß weitgehend alle Skaleneffekte ausgenutzt sein dürften[119]. Daher sind Skaleneffekte nur bei der

[119] Vgl. Kleinhanß, Kerkow, Schrader (1992), S. 23.

Umesterung, bei einer eventuellen Serienfertigung der Elsbett-Motoren sowie im Bereich der Verwaltungs-, Transport- und Vertriebskosten zu erwarten. Die Skaleneffekte einer möglichen Serienfertigung von Elsbett-Motoren werden, wie bereits dargestellt, dadurch berücksichtigt, daß bei den folgenden Berechnungen keine Mehrkosten angesetzt werden. Es ist allerdings darauf hinzuweisen, daß es sich hierbei um eine äußerst günstige Annahme für die Produktlinie reiner Rapsöltreibstoffe handelt. Im Bereich der Verwaltungs-, Transport- und Vertriebskosten sind bei einer Ausdehnung der Produktionsmengen erhebliche Skaleneffekte zu erwarten. Aufgrund des geringen Marktanteils der Rapsöltreibstoffe ist ihre Distribution mit erheblichen Kosten pro Liter verbunden. Es ist zu erwarten, daß diese Kosten bei einer Ausdehnung der Produktionsmengen entsprechend absinken. Da der Marktanteil der Rapsöltreibstoffe jedoch auch bei ausgeweiteten Produktionsmengen, wie sie in den folgenden Berechnungen unterstellten werden, im Vergleich zu konventionellen Treibstoffen immer noch vergleichsweise gering ist, werden die Verwaltungs-, Transport- und Vertriebskosten auch bei ausgeweiteter Produktionsmenge deutlich über denen der konventionellen Treibstoffe liegen. Faßt man die Überlegungen zusammen, so dürften die Verwaltungs-, Transport- und Vertriebskosten der Rapsöltreibstoffe bei ausgeweiteten Produktionsmengen im Bereich von 10 bis 15 DM/100 l liegen.

Eine weitere Quelle für Kosteneinsparungen ist der technische Fortschritt. Allerdings sind für die Zukunft dadurch keine wesentlichen Kostenreduktionen zu erwarten. Die Techniken der Ölsaatenentölung und Ölreinigung sind einfache, seit langem bekannte und weiterentwickelte Verfahren, deren technische Entwicklungspotentiale begrenzt sind. Im Bereich der Motorentechnik sind zwar für die Zukunft weitere Fortschritte wahrscheinlich, die sich jedoch in den meisten Fällen gleichermaßen auf den Rapsöleinsatz wie auf den Dieselöleinsatz auswirken werden und daher kaum zu einer Verbesserung der Wettbewerbsposition der Rapsöltreibstoffe führen dürften[120]. Selbst wenn durch Skaleneffekte und technischen Fortschritt eine gewisse Reduktion der Kosten der Nutzung von Rapsöl bzw. RME erreicht werden kann, ist dennoch nicht damit zu rechnen, daß sich bei einer wesentlichen Ausdehnung der Produktionsmenge von Rapsöl bzw. RME eine deutliche Senkung der Bereitstellungskosten ergibt. Der Grund liegt darin, daß mit einer Ausdehnung der Produktionsmenge die Erlöse aus den Beiprodukten Rapsschrot und Glycerin erheblich absinken werden.

---

[120] Vgl. Leifert (1996), S. 91.

Die bei einer Ausweitung der Produktion von Rapsöl anfallenden größeren Mengen an Rapsschrot sind bei unveränderter Nachfrage nur zu einem geringeren Preis absetzbar. Grosskopf und Kappelmann schätzen, daß bei einer Substitution von 5 % des Dieselkraftstoffes ein Preisverfall für Rapsschrot von ca. 7 % zu erwarten ist[121]. Darüber hinaus ist zu berücksichtigen, daß die produzierte Menge an Rapsschrot gemäß dem Blair-House-Abkommen die Menge von einer Million Tonnen Sojaschrotäquivalent nicht überschreiten darf. Würde die Produktion von Rapsöl für Nicht-Nahrungsmittelzwecke so weit ausgedehnt, daß diese Grenze überschritten wird, müßten für die darüber hinausgehenden Mengen an Rapsschrot neue Verwendungen außerhalb des Nahrungs- und Futtermittelbereichs gesucht werden. Hier bestehen verschiedene Möglichkeiten, z.B. die Verwendung als Düngemittel oder Brennstoff. Diese Absatzwege könnten die bei einer deutlichen Ausdehnung der Rapsölproduktion anfallenden Rapsschrotmengen vollständig aufnehmen[122]. Allerdings lassen sich für derartige Verwendungen nur erheblich geringere Preise erzielen als für die Verwendung im Futter- oder Nahrungsmittelbereich. Die in diesen Verwendungen erzielbaren Preise sind nur schwer prognostizierbar. Bei einer Verwendung als Düngemittel liegen die Aussagen über die erzielbaren Preise in der Literatur zwischen 5 und 14 DM/dt[123]. Bei einer Verbrennung in Heizkraftwerken dürften die erzielbaren Preise noch niedriger liegen. Entsprechend würde der bei der Berechnung der Bereitstellungskosten anzurechnende Erlös aus dem Verkauf des Rapsschrots deutlich absinken, wodurch sich die Bereitstellungskosten sowohl von reinem Rapsöltreibstoff als auch von RME erhöhen würden.

Entsprechende Reaktionen sind auch für die Erlöse aus dem Verkauf des Glycerins zu erwarten. Der Glycerinmarkt ist vergleichsweise klein. Der Glycerinverbrauch betrug im Jahr 1994 weltweit 580 000 t[124]. Glycerin kann sowohl aus Naturprodukten als auch synthetisch hergestellt werden, wobei das aus Naturprodukten hergestellte Glycerin als Kuppelprodukt anfällt. Da die Produktion von synthetischem Glycerin deutlich teurer ist als von natürlichem Glycerin, wird nur der Anteil am Glycerinverbrauch, der nicht über das als Kuppelprodukt ohnehin anfallende natürliche Glycerin gedeckt werden kann,

---

[121] Vgl. Grosskopf, Kappelmann (1994), S. 133 ff.
[122] Vgl. Leifert (1996), S. 74.
[123] Vgl. Auerbach (1992). S. 103, Leifert (1996), S. 74; Doleschel, Steinhauser, Heißenhuber (1988), S. 917.
[124] Vgl. Leifert (1996), S. 75.

synthetisch hergestellt[125]. Würde RME in größeren Mengen produziert, so würde der Verkauf des bei der Umesterung entstehenden Glycerins den Glycerinmarkt überschwemmen, so daß es dort zu einem drastischen Preisverfall kommen würde. In diesem Fall ist zu erwarten, daß die Produktion von synthetischem Glycerin mittelfristig eingestellt wird, und das Angebot an natürlichem Glycerin das Absatzvolumen in den bisherigen Verwendungsbereichen übersteigt[126]. Letztlich bliebe bei entsprechenden Produktionsmengen nichts anderes übrig, als das Glycerin inferioren Verwendungen, z.B. als Futtermittel oder als Brennstoff, zuzuführen, in denen die Verwertungserlöse zwischen 60 und 140 DM/dt liegen dürften[127].

Die Auswirkungen entsprechender Preisentwicklungen auf die Kosten der beiden Endprodukte RME und reiner Rapsöltreibstoff sind in Anhang 2 ausgewiesen. Eine zusammenfassende Übersicht der Ergebnisse gibt Tabelle 11.

Tabelle 11: Bereitstellungskosten von Rapsöl bzw. RME bei unterschiedlichen Szenarien (in DM/100 l)

Szenario	RME	Rapsöl
Derzeitige Produktionsmengen	66,8 - 87,2	65,2 - 84,5
Rapsschrotpreis von 13 DM/dt	83,0 - 103,4	82,0 - 101,3
Rapsschrotpreis von 5 DM/dt	93,7 - 114,1	93,2 - 112,4
Rapsschrotpreis von 13 DM/dt; Glycerinpreis von 100 DM/dt	86,0 - 106,4	82,0 - 101,3
Rapsschrotpreis von 5 DM/dt; Glycerinpreis von 60 DM/dt	100,5 - 120,9	93,2 - 112,4

Quelle: Eigene Berechnungen.

Da sich die aus dem Verkauf der Nebenprodukte erzielbaren Erlöse nicht eindeutig vorhersagen lassen, wurden die Berechnungen für alternative Preisniveaus durchgeführt. Erhebliche Auswirkungen würden sich dann ergeben, wenn der Anbau von Non-food-Raps so weit ausgedehnt wird, daß dadurch die Grenze von einer Million Tonnen Sojaschrotäquivalent überschritten wird. In diesem Fall müßte das über diese Menge hinaus anfallende Rapsschrot außerhalb des Futtermittelsektors verwendet werden. Wie bereits gezeigt, sind die erzielbaren Erlöse in solchen Verwendungen

[125] Vgl. Reinhardt (1993), S. 132; Leifert (1996), S. 75.
[126] Vgl. Reinhardt (1993), S. 133; Leifert (1996), S. 75 ff.
[127] Vgl. Leifert (1996), S. 79.

deutlich geringer. Wie aus den Berechnungen zu entnehmen, würden sich die Bereitstellungskosten der Rapsöltreibstoffe bei einem Absinken des Rapsschrotpreises auf 13 DM/dt um 16 bis 17 DM/100 l erhöhen, ein Absinken des Rapschrotpreises auf 5 DM/dt würde die Kosten um etwa 27 DM/100 l ansteigen lassen. Im Fall einer deutlichen Ausweitung der Produktion von RME würden sich die Bereitstellungskosten von RME infolge des zu erwartenden Preisverfalls bei Glycerin weiter erhöhen. Ein Absinken des Glycerinpreises auf 100 DM/dt würde die Bereitstellungskosten von RME um etwa 3 DM/100 l ansteigen lassen, ein Absinken des Glycerinpreises auf 60 DM/dt würde die Bereitstellungskosten um etwa 7 DM/100 l erhöhen. Damit ergibt sich im Falle einer deutlichen Ausweitung der RME-Produktion ein zweifacher negativer Effekt auf die Bereitstellungskosten. Geht man von optimistischen Annahmen aus und unterstellt ein Absinken der erzielbaren Preise für Rapsschrot auf 13 DM/dt und für Glycerin auf 100 DM/dt, so ergibt sich daraus eine Erhöhung der Bereitstellungskosten von RME in Höhe von etwa 19 DM/100 l. Geht man hingegen von pessimistischen Annahmen bezüglich der Preisentwicklung der Nebenprodukte aus und unterstellt ein Absinken des erzielbaren Preises für Rapsschrot auf 5 DM/dt und für Glycerin auf 60 DM/dt, so erhöhen sich die Bereitstellungkosten von RME um etwa 34 DM/100 l. Faßt man diese Ergebnisse zusammen, so stellt man fest, daß der Erlös für die Beiprodukte Rapsschrot und Glycerin in erheblichem Maß die Höhe der Gesamtkosten mitbestimmt, so daß sich aus dem Absinken der für diese Produkte erzielbaren Preise eine entsprechende Erhöhung der Bereitstellungskosten ergibt. Die Berechnungen haben gezeigt, daß im Falle einer deutlichen Ausweitung der Produktion von Rapsöltreibstoffen eine drastische Erhöhung der Bereitstellungskosten von Rapsöl bzw. RME zu erwarten ist. Dabei würde die Erhöhung der Bereitstellungskosten von RME signifikant höher ausfallen als bei einer gleich hohen Ausweitung der Produktion von reinem Rapsöltreibstoff, da sich im Falle einer Ausweitung der RME-Produktion nicht nur das Absinken der Erlöse aus dem Verkauf des Rapsschrots, sondern auch das Absinken der Erlöse aus dem Verkauf des Glycerins negativ auf die Höhe der Bereitstellungskosten auswirkt.

Ein entgegengesetzter Effekt ergibt sich aus der Veränderung der Verwaltungs-, Transport- und Vertriebskosten. Bei einer Ausdehnung der Produktionsmengen werden sich die pro Liter aufzuwendenden Kosten in diesem Bereich in nicht unerheblichem Maße reduzieren. Aus den oben dargestellten Gründen dürften die Verwaltungs-,

Transport- und Vertriebskosten bei ausgeweiteter Produktionsmenge auf 10 bis 15 DM/100 l absinken. Eine detaillierte Berechnung der daraus resultierenden Wirkungen auf die Bereitstellungskosten der Rapsöltreibstoffe ist in Anhang 3 ausgewiesen. Einen zusammenfassenden Überblick bietet Tabelle 12.

Tabelle 12: Auswirkungen eines Absinkens der Verwaltungs-, Transport- und Vertriebskosten auf die Bereitstellungskosten der Rapsöltreibstoffe (in DM/100 l)

Szenario	RME	Rapsöl
Derzeitige Produktionsmengen	66,8 - 87,2	65,2 - 84,5
Rapsschrotpreis von 13 DM/dt	75,0 - 97,9	74,0 - 95,3
Rapsschrotpreis von 5 DM/dt	85,7 - 108,1	85,2 - 106,4
Rapsschrotpreis von 13 DM/dt; Glycerinpreis von 100 DM/dt	78,0 - 100,4	74,0 - 95,3
Rapsschrotpreis von 5 DM/dt; Glycerinpreis von 60 DM/dt	92,5 - 114,9	85,2 - 106,4

Quelle: Eigene Berechnungen.

Die geringeren Verwaltungs-, Transport- und Vertriebskosten wirken sich in allen Szenarien positiv auf die Höhe der Bereitstellungskosten der Rapsöltreibstoffe aus. Das Ausmaß des durch den Preisverfall der Nebenprodukte induzierten Anstiegs der Bereitstellungskosten kann durch das Absinken der Verwaltungs-, Transport- und Vertriebskosten reduziert werden. Allerdings ist der negative Effekt des Preisverfalls der Kuppelprodukte so stark, daß er durch den positiven Effekt aus dem Absinken der Verwaltungs-, Transport- und Vertriebskosten bei weitem nicht ausgeglichen werden kann. Insgesamt muß man daher zu dem Ergebnis kommen, daß es bei einer Ausweitung der Produktionsmenge zu einem deutlichen Anstieg der Bereitstellungskosten der Rapsöltreibstoffe kommen wird.

4.1.7 Vergleich der Bereitstellungskosten der Rapsöltreibstoffe und Dieselkraftstoff

Die im letzten Abschnitt ermittelten Bereitstellungskosten der Rapsöltreibstoffe sollen nun mit den Bereitstellungskosten für mineralischen Dieselkraftstoff verglichen werden. Für die Bereitstellungskosten von Diesel wird hier der abgabenfreie Preis für Dieselkraftstoff ab Tankstelle angesetzt. Dieser schwankte in den letzten Jahren sehr stark und lag im Jahr 1996 bei durchschnittlich 44,1 Pfennig pro Liter[128]. Da Rapsöl und RME wegen ihrer niedrigeren Dichte einen höheren volumetrischen Verbrauch haben als Diesel, kann dieser Preis nicht ohne weiteres mit den Bereitstellungskosten von Rapsöl bzw. RME verglichen werden. Zur Berücksichtigung der unterschiedlichen Heizwerte werden Rapsöl sowie RME im folgenden in Dieselkraftstoffäquivalente umgerechnet. 1 Liter Dieselkraftstoffäquivalent bezeichnet die Menge eines alternativen Kraftstoffs, in diesem Fall also Rapsöl bzw. RME, die der nutzbaren Energie von 1 Liter Dieselkraftstoff entspricht[129]. Daraus resultieren auf Basis der in Tabelle 12 ausgewiesenen Ergebnisse die in Tabelle 13 dargestellten Bereitstellungskosten von reinem Rapsöltreibstoff bzw. RME ausgedrückt pro Liter Dieselkraftstoffäquivalent.

Tabelle 13: Bereitstellungskosten von Rapsöl bzw. RME bei unterschiedlichen Szenarien (in DM/100 l DKÄ)

Szenario	RME [a)]	Rapsöl [b)]
Derzeitige Produktionsmengen	72,8 - 95,0	67,8 - 87,9
Rapsschrotpreis von 13 DM/dt; Glycerinpreis von 100 DM/dt	85,0 - 109,4	77,0 - 99,1
Rapschrotpreis von 5 DM/kg; Glycerinpreis von 60 DM/dt	100,8 - 124,4	88,6 - 110,7

a) 1 l DKÄ entspricht 1,09 l RME

b) 1 l DKÄ entspricht 1,04 reinem Rapsöltreibstoff

Quelle: Eigene Berechnungen.

Wie in Tabelle 14 dargestellt, liegen die Bereitstellungskosten von Rapsöl bzw. RME je Liter Dieselkraftstoffäquivalent in allen berechneten Fällen deutlich über dem abgabenfreien Dieselpreis in Höhe von 44,1 DM je 100 Liter im Jahre 1996. Bei

[128] Vgl. Mineralölwirtschaftsverband (1997a), S. 43 f.
[129] Vgl. Friedrich u.a. (1993), S. 73.

derzeitigen Produktionsmengen übersteigen sie die Bereitstellungskosten von mineralischem Dieselkraftstoff um 23,7 bis 50,9 DM/100 l DKÄ. Bei einer Ausdehnung der Produktionsmengen der Rapsöltreibstoffe würde sich das Wettbewerbsdefizit drastisch erhöhen. So steigt dieses selbst unter optimistischen Annahmen bezüglich der aus dem Verkauf der Beiprodukte erzielbaren Erlöse auf 32,9 bis 65,3 DM/100 l DKÄ. Erschwerend kommt hinzu, daß der Vergleich der Bereitstellungskosten dadurch verzerrt wird, daß für mineralischen Dieselkraftstoff der abgabenfreie Dieselpreis an der Tankstelle zugrunde gelegt wurde. Darin sind auch Gewinne und Handelsspannen enthalten. Bei der oben vorgenommenen Kalkulation der Bereitstellungskosten von Rapsöl bzw. RME wurde hingegen lediglich Kostendeckung unterstellt, so daß Gewinne und Handelsspannen nicht berücksichtigt wurden. Bezieht man diesen Aspekt in die Kalkulation ein, so fällt der Abstand zwischen den Bereitstellungskosten von RME bzw. Rapsöl und mineralischem Dieselkraftstoff noch höher aus, als er oben berechnet wurde, d.h. die Preisunterschiede wurden tendenziell zu gering ausgewiesen. Treibstoffe aus Raps können daher zur Zeit nur deshalb mit Dieselkraftstoff konkurrieren, weil sie von der Mineralölsteuer befreit sind. Dadurch ist es möglich, daß RME seit Anfang 1994 an der Tankstelle zu einem etwa gleich hohen Preis angeboten werden kann wie mineralischer Dieselkraftstoff[130].

Tabelle 14: Differenz zwischen den Bereitstellungskosten von Rapsöl bzw. RME und dem Dieselpreis bei unterschiedlichen Szenarien (in DM/100 l DKÄ)

Szenario	Differenz RME-/ Dieselpreis	Differenz Rapsöl-/ Dieselpreis
Derzeitige Produktionsmengen	28,7 - 50,9	23,7 - 43,8
Rapschrotpreis von 13 DM/dt; Glycerinpreis von 100 DM/dt	40,9 - 65,3	32,9 - 55,0
Rapsschrotpreis von 5 DM/dt; Glycerinpreis von 60 DM/dt	56,7 - 80,3	44,5 - 66,6

Quelle: Eigene Berechnungen

[130] Vgl. Bockey (1998), S. 76 f.

4.2 Bewertung der Absatzchancen von Rapsöltreibstoffen

4.2.1 RME aus Sicht der Konsumenten

Im folgenden soll untersucht werden, ob die Rapsöltreibstoffe aus Sicht des Verbrauchers mit mineralischem Dieselkraftstoff konkurrieren können. Dabei beschränkt sich die Analyse auf einen Vergleich von RME mit mineralischem Dieselkraftstoff, da zur Zeit von den möglichen Formen der Rapsöltreibstoffe nur RME an einer größeren Zahl von Tankstellen angeboten wird.

Der Preis von RME orientiert sich am Preis von mineralischem Dieselkraftstoff, wobei RME in der Regel um wenige Pfennige billiger angeboten wird als mineralischer Dieselkraftstoff[131]. Auf den ersten Blick sieht es daher so aus, als ob RME unter den derzeitigen Bedingungen an der Tankstelle mit mineralischem Dieselkraftstoff konkurrieren könne. Bei einem solchen oberflächlichen Vergleich der Tankstellenpreise in DM pro Liter wird allerdings nicht berücksichtigt, daß RME einen von mineralischem Dieselkraftstoff abweichenden Heizwert hat[132]. Die unterschiedlichen Heizwerte müssen bei einem Vergleich der Tankstellenpreise von RME und Dieselkraftstoff berücksichtigt werden. Dies kann man dadurch erreichen, daß man den Tankstellenpreis von RME in DM pro Liter Dieselkraftstoffäquivalent umrechnet. Für einen solchen Vergleich in DM pro Liter Dieselkraftstoffäquivalent wird ein Tankstellenpreis für mineralischen Dieselkraftstoff in Höhe von 1,20 DM/l zugrundegelegt. Entsprechend den obigen Ausführungen wird für RME ein knapp darunter liegender Preis in Höhe von 1,17 DM/l angenommen. Rechnet man diesen Preis in Dieselkraftstoffäquivalente um, so kommt man zu einem Tankstellenpreis für RME in Höhe von 1,28 DM/l DKÄ. Damit hat man den relevanten Preis, den der Verbraucher zahlen muß, um die gleiche Menge an Nutzenergie zu erhalten wie von einem Liter mineralischem Dieselkraftstoff. Dieser Preis liegt um 0,08 DM/l über dem Preis von mineralischem Dieselkraftstoff. Die Berechnungen machen deutlich, daß es nicht zutrifft, daß RME an der Tankstelle im Vergleich zu mineralischem Dieselkraftstoff voll konkurrenzfähig ist. Die Berechnungen haben vielmehr gezeigt,

---

[131] Vgl. Union zur Förderung von Oel- und Proteinsaaten (1998); Scharmer, Golbs (1997), S. 34.
[132] Vgl. Kapitel 4.1.7.

daß bei der derzeitigen Preissituation immer noch ein nicht unerhebliches Wettbewerbsdefizit von RME vorliegt.

Neben diesen erhöhten Kosten pro Liter DKÄ sind mit der Nutzung von RME weitere Kosten verbunden. So wurde in Dauerlaufuntersuchungen an Fahrzeugen, die mit RME betrieben werden, wiederholt eine Verstopfung des Kraftstoffilters vor Erreichen des für Dieselkraftstoff üblichen Wechselintervalls beobachtet. Daher muß bei Fahrzeugen, die mit RME betrieben werden, der Kraftstoffilter häufiger gewechselt werden als bei Fahrzeugen, die mit mineralischem Dieselkraftstoff betrieben werden, so daß sich zusätzliche mit der Verwendung von Rapsöl verbundene Kosten ergeben[133]. Ein weiteres Problem besteht beim Betrieb eines Fahrzeugs mit RME darin, daß das Schmieröl des Fahrzeugs während des Betriebes mit Kraftstoff verdünnt wird. Eine solche Verdünnnung des Schmieröls durch Kraftstoff tritt zwar grundsätzlich bei jedem Kraftstoff auf, jedoch ist dies bei der Verwendung von mineralischem Dieselkraftstoff ohne Konsequenzen, da eine Verdünnung mit mineralischem Dieselkraftstoff zu keiner wesentlichen Veränderung des Schmierölverhaltens führt. Bei Verwendung von RME führt die Verdünnung des Schmieröls allerdings bei einigen Motoren zur Schlammbildung im Schmieröl. Daher ist für bestimmte Motoren bei Verwendung von RME eine Verkürzung der Ölwechselintervalle erforderlich, wodurch für den Verbraucher ebenfalls zusätzliche Kosten entstehen[134].

Neben diesen objektiv meßbaren Aspekten der Nutzung von RME ist zusätzlich der nur subjektiv meßbare typische Geruch der Abgase eines mit RME betriebenen Fahrzeugs zu berücksichtigen. Die Abgase riechen deutlich nach überhitztem Fett. Dies wird von vielen Personen als unangenehm empfunden. Den unerwünschten Abgasgeruch kann man dadurch bekämpfen, daß man die unverbrannten Kohlenwasserstoffe im Auspuff nachverbrennt. Dies geschieht durch einen zusätzlichen Oxidationskatalysator im Auspufftopf. Eine derartige Abgasnachbehandlung ist im Pkw seit langem serienmäßig, so daß in diesem Fall keine zusätzlichen Kosten entstehen. In Nutzfahrzeugen ist dies jedoch nicht der Fall, so

---

[133] Vgl. Schäfer, Naber, Gairing (1998), S. 18.
[134] Vgl. Schäfer, Naber, Gairing (1998), S. 18 f.

daß durch den Einbau eines solchen Oxidationskatalysators in diesem Fall weitere Kosten entstehen[135]. Berücksichtigt man diese Aspekte, so muß man zu dem Schluß kommen, daß RME trotz eines geringeren Tankstellenpreises pro Liter aus Sicht der Verbraucher derzeit nicht mit mineralischem Dieselkraftstoff konkurrieren kann.

Als möglicher Verwender von Rapsöltreibstoffen wird von einigen Autoren der Sektor Landwirtschaft gesehen. In diesem Zusammenhang ist vorgeschlagen worden, die deutsche Landwirtschaft solle ihren Eigenbedarf an Dieselkraftstoff in Höhe von 1,6 Millionen Tonnen durch Rapsöl decken. Unter den gegebenen Rahmenbedingungen ist der Einsatz von Rapsöltreibstoffen in der Landwirtschaft aus einzelwirtschaftlicher Sicht jedoch keine ökonomisch sinnvolle Alternative, da auf die Rapsöltreibstoffe im Gegensatz zu mineralischem Dieselkraftstoff keine Gasölverbilligung gewährt wird. Die Gasölbeihilfe wird der Landwirtschaft in Form einer Mineralölsteuerermäßigung in Höhe von 0,41 DM pro Liter Dieselkraftstoff gewährt[136]. Dadurch liegt der für den einzelnen Landwirt relevante Preis von mineralischem Dieselkraftstoff um 0,41 DM/l unter dem Tankstellenpreis. Dies hat zur Folge, daß der für den Landwirt maßgebliche Preis von Dieselkraftstoff deutlich unter dem Preis der Rapsöltreibstoffe liegt, so daß der Einsatz von Rapsöltreibstoffen in Bereichen mit Gasölbeihilfe aus einzelwirtschaftlicher Sicht nicht wettbewerbsfähig ist.

4.2.2 Aspekte des Vertriebs der Rapsöltreibstoffe

Bei den Rapsöltreibstoffen handelt es sich um neue Produkte auf dem Treibstoffmarkt, die zur Zeit nur über einen geringen Marktanteil verfügen und noch nicht entsprechend etabliert sind. In diesem Kapitel soll analysiert werden, ob der geringe Marktanteil höhere Vertriebskosten bedingt und welche Aspekte bei einer großräumigen Markteinführung zu berücksichtigen sind.

Bezüglich der Vermarktung von Rapsöltreibstoffen kann man grundsätzlich zwei verschiedene Absatzwege unterscheiden. Zum einen kann man die Rapsöltreibstoffe über Großverbraucher wie z.B. Taxi-, Bus- oder Lkw-Unternehmen vertreiben, bei

---

[135] Vgl. Schäfer, Naber, Gairing (1998), S. 13 f.
[136] Vgl. Bund-Länder-Arbeitsgruppe Nachwachsende Rohstoffe (1995), S. 143.

denen die Betankung der Fahrzeuge an eigenen Zapfsäulen erfolgt. Über diesen Absatzweg wird in Deutschland zur Zeit die größte Menge an Rapsöltreibstoffen abgesetzt. Etwa 60 % des in Deutschland vermarkteten RME werden von Großverbrauchern abgenommen, während nur etwa 40 % an öffentlichen Tankstellen verkauft werden[137]. An Großunternehmer kann die Belieferung vergleichsweise kostengünstig mit Tank-Lkws durchgeführt werden, so daß bei dieser Absatzform im Vergleich zu mineralischem Dieselkraftstoff keine deutlich höheren Vertriebskosten zu erwarten sind[138]. Da bei dieser Vertriebsform das erschließbare Absatzpotential jedoch vergleichsweise gering ist, muß zur Erschließung eines umfangreichen Absatzpotentials auf jeden Fall auch der Vertriebsweg über öffentliche Tankstellen gewählt werden. In diesem Bereich stehen die Vermarkter von Biodiesel in direkter Konkurrenz zu den auf dem Markt fest etablierten Mineralölhändlern. Daher müssen sich die Leistung des Produktes RME und insbesondere auch die mit dem Produkt verbundenen Leistungen an den üblichen Leistungen und Standards auf dem Kraftstoffmarkt ausrichten. Der ständigen Verfügbarkeit, schnellen Lieferbereitschaft und einem ausgefeilten Kundendienst muß hierbei eine besondere Aufmerksamkeit geschenkt werden, da unzufriedene Kunden bei Schwierigkeiten mit RME schnell wieder auf das ausgereifte Produkt mineralischer Dieselkraftstoff zurückgreifen werden. Bei einem Vertrieb über öffentliche Tankstellen müßte für das neue Treibstoffprodukt prinzipiell die gesamte Versorgungskette zusätzlich ausgerüstet werden. Es müßten neue Lagerkapazitäten und Verladeeinrichtungen sowie entsprechende Transportmöglichkeiten und Zapfsäulen geschaffen werden[139]. Dies ist jedoch nicht in vollem Umfang notwendig, da zumindest zum Teil auf bestehende Anlagen zurückgegriffen werden könnte. Insbesondere durch das Auslaufen des Angebotes an superverbleitem Ottokraftstoff steht an vielen Tankstellen eine Lagermöglichkeit zur Verfügung, die für Rapsöltreibstoffe genutzt werden könnte. Trotz dieser teilweise vorhandenen Kapazitäten wären mit der Einführung eines neuen Kraftstoffs dennoch erhebliche Investitionen verbunden. Darüber hinaus müßte eine breite Markteinführung von RME durch eine entsprechende Werbekampagne unterstützt

---

[137] Vgl. Rupalla (1996), S. 61.
[138] Vgl. Stiens, Löhr (1994), S. 71.
[139] Vgl. o.V. (1994c), S. 8.

werden, da RME für den Verbraucher ein erklärungsbedürftiges Produkt ist. Beispielsweise muß der Verbraucher darüber informiert werden, welche Fahrzeuge vom Hersteller für den Betrieb mit RME freigegeben sind, welche Veränderungen an nicht freigegebenen Fahrzeugen vorzunehmen sind und was darüber hinaus bei Verwendung von RME beachtet werden muß (z.B. häufigerer Austausch von Kraftstoffiltern bzw. Schmieröl). Insgesamt sind diese Kosten der Markteinführung erheblich, aber nur schwer zu beziffern.

Schließlich ist noch zu fragen, wie hoch die Vertriebskosten von RME bei den derzeit geringen Produktionsmengen sind. Da Rapsöl und RME über eine separate Handels- und Vertriebskette abgesetzt werden müssen, fallen bei dem derzeit geringen Marktanteil erhebliche Verteilungs- und Vertriebskosten an, die deutlich über denen des Vertriebs von konventionellen Kraftstoffen liegen[140]. Die Verwaltungs- und Vertriebskosten betragen für konventionelle Kraftstoffe in der Bundesrepublik Deutschland im Durchschnitt etwa 42 DM/t und bei Anbietern mit hohen Verwaltungs- und Vertriebskosten bis zu 59 DM/t[141]. Aufgrund des geringen Marktanteils müssen die Kosten im Falle der Rapsöltreibstoffe deutlich höher angesetzt werden. Hierbei spielt insbesondere eine Rolle, daß es zur Zeit in Deutschland kaum Umesterungsanlagen gibt, so daß der Transport von der Umesterungsanlage zur Tankstelle mit vergleichsweise hohen Kosten verbunden ist[142]. Sie betragen je nach Distributionsform mindestens 0,15 DM/l Rapsöltreibstoff. Hinzu kommen hier noch die Kosten des Transports der Rapssaat zur Verarbeitung sowie die Kosten des Transports der Nebenprodukte.

Insgesamt fallen also aufgrund des geringen Marktanteils der Rapsöltreibstoffe erhebliche zusätzliche Kosten an, die sich aber grundsätzlich von den in den vorangegangenen Kapiteln dargestellten Kosten der Produktion von Rapsöl für Treibstoffzwecke unterscheiden. Bei den hier dargestellten Kosten handelt es sich weitgehend um Kosten, die nur aufgrund des geringen Marktanteils der Rapsöltreibstoffe entstehen. Bei höheren Marktanteilen könnten diese Kostenkompo-

---

[140] Vgl. Bund-Länder-Arbeitsgruppe Nachwachsende Rohstoffe (1995), S. 140.
[141] Vgl. Hensing, Schmitt, Drasdo (1996), S. 111.
[142] Vgl. Koßmehl (1995), S. 161.

nenten entsprechend gesenkt werden und würden sich auf ähnlichem Niveau einpendeln wie die entsprechenden Kosten für konventionelle Kraftstoffe. Bei den in den vorangegangenen Kapiteln dargestellten Kostenkomponenten liegt hingegen eine andere Situation vor. Diese im Vergleich zu mineralischem Dieselkraftstoff höheren Kosten beruhen nicht darauf, daß die Rapsöltreibstoffe zur Zeit nur einen geringen Marktanteil haben, sondern sind struktureller Natur und werden auch bei einer deutlichen Ausweitung der Produktionsmengen dauerhaft auf hohem Niveau verbleiben.

Für einen ökonomischen Vergleich von Rapsöl und mineralischem Dieselkraftstoff sind in erster Linie diejenigen höheren Kosten relevant, die struktureller Natur sind und ein dauerhaftes Wettbewerbsdefizit der Rapsöltreibstoffe gegenüber mineralischem Dieselkraftstoff bedingen. Daher werden die höheren Kosten, die nur aufgrund des geringen Marktanteils der Rapsöltreibstoffe beruhen, bei den folgenden Analysen nicht berücksichtigt.

4.2.3 Das Nachfragepotential für Rapsöl bzw. RME

Die Absatzchancen sind für die beiden Produktlinien Rapsöl in Duotherm-Motoren und RME unterschiedlich zu beurteilen. Da RME ohne gravierende technische Umrüstungen in konventionellen Dieselmotoren eingesetzt werden kann, bietet sich für RME auch kurzfristig ein Nachfragepotential, das die aus inländischem Anbau mögliche Produktionsmenge an RME bei weitem übersteigt. Der gesamte Dieselverbrauch betrug in der Bundesrepublik Deutschland im Jahr 1996 26 Mio. t. Unter den gegebenen Rahmenbedingungen sind für die Zukunft keine gravierenden Änderungen des Verbrauchs an Dieselkraftstoff zu erwarten. So wird in der Esso-Energieprognose[143] davon ausgegangen, daß der Verbrauch an Dieselkraftstoff in der Bundesrepublik Deutschland bis zum Jahr 2005 auf 28 Mio. t ansteigen und ab 2005 leicht bis auf 25 Mio. t im Jahr 2020 zurückgehen wird. Zwar wird der spezifische Verbrauch der mit Diesel betriebenen Kraftfahrzeuge in den nächsten Jahren zurückgehen, diese Entwicklung wird aber durch andere Faktoren überkom-

[143] Vgl. Esso AG (1997), S. 2.

pensiert. So ist zu erwarten, daß aufgrund des zukünftigen Wirtschaftswachstums und der geographischen Lage Deutschlands als Transitland die Gütertransportleistungen zunehmen werden. Darüber hinaus wird sich der schon in der Vergangenheit festzustellende Trend der Zunahme des Anteils der mit Diesel betriebenen Personenkraftwagen am Gesamtbestand aller Voraussicht nach weiter fortsetzen. So wird in der Esso-Energieprognose davon ausgegangen, daß der Anteil der mit Diesel angetriebenen Personenkraftwagen von 14 % im Jahre 1995 auf 22 % im Jahr 2010 zunehmen wird. Diese Faktoren wirken stärker auf die Nachfrage nach Diesel als die Abnahme des spezifischen Kraftstoffverbrauchs der einzelnen Fahrzeuge. Erst nach dem Jahr 2005 wird sich, nach dieser Prognose, diese Entwicklung umkehren und dann zu einem rückläufigen Dieselkonsum führen.

Es ist also für die Produktlinie RME sowohl kurz- als auch langfristig ein ausreichendes Absatzpotential vorhanden. Entscheidend dafür, ob dieses Absatzpotential auch erschlossen werden kann, ist die Frage der Wirtschaftlichkeit der Nutzung von RME im Vergleich zu Dieselkraftstoff. Damit RME von den Verbrauchern in entsprechendem Umfang nachgefragt wird, darf der Betrieb eines Fahrzeuges mit RME nicht teurer sein als der Betrieb mit mineralischem Dieselkraftstoff. Aufgrund des geringeren Brennwertes von RME reicht es dafür nicht aus, daß RME an der Tankstelle genauso viel kostet wie mineralischer Dieselkraftstoff, sondern die Preise müssen um den spezifischen Brennwert der beiden Kraftstoffe korrigiert werden[144]. Nur wenn dieser korrigierte Preis kleiner oder gleich dem Preis für Dieselkraftstoff ist, sind die Voraussetzungen dafür geschaffen, daß das vorhandene Absatzpotential erschlossen werden kann.

Anders sieht die Situation für reinen Rapsöltreibstoff zum Einsatz in Duotherm-Motoren aus. Um diesen nutzen zu können, müssen die Kraftfahrzeuge mit der Duothermtechnologie ausgestattet sein. Die Umrüstung vorhandener Direkteinspritzmotoren auf die Duothermtechnologie ist mittels spezieller Umrüstungssätze prinzipiell möglich. Dies verursacht jedoch hohe Kosten[145] und ist daher aus ökonomischer Sicht keine sinnvolle Alternative. Nur über den Einbau von Duotherm-

---

[144] Vgl. Kapitel 4.2.1.
[145] Vgl.Bund-Länder-Arbeitsgruppe Nachwachsende Rohstoffe (1995), S. 133.

Motoren in Neuwagen ließe sich die Duothermtechnologie zu vertretbaren Kosten in großen Stückzahlen in den Markt einführen. Da der Elsbett-Motor noch nicht serienmäßig gefertigt wird, ist kurzfristig so gut wie kein Nachfragepotential für die Produktlinie reiner Rapsöltreibstoff vorhanden. Da eine Serienfertigung von Elsbett-Motoren in näherer Zukunft wenig wahrscheinlich ist (vgl. Kapitel 3.1), könnte sich ein Nachfragepotential erst längerfristig entwickeln. Eine Abschätzung des längerfristig erschließbaren Absatzpotentials wird in Anhang 4 vorgenommen. Geht man von konstanten Nachfrageverhältnissen zwischen Kraftfahrzeugen mit Ottomotor und Dieselmotor sowie unverändertem Fahrverhalten aus, so ergibt sich unter gegebenen Rahmenbedingungen und unter der Annahme, daß jährlich 5 % der mit Diesel betriebenen neuzugelassenen Kraftfahrzeuge mit der Duothermtechnologie ausgerüstet werden, ein jährlicher Zuwachs an Nachfragepotential in Höhe von etwa 82 Mio. Liter reinem Rapsöltreibstoff. Dies entspricht etwa 0,3 % des Verbrauchs von Dieselkraftstoff im Jahr 1996 in Deutschland. Daher könnte sich ein Nachfragepotential für reinen Rapsöltreibstoff nur langsam entwickeln. Es ist darauf hinzuweisen, daß sich das berechnete Nachfragepotential nur für die getroffenen Annahmen ergibt und daher nicht die sich tatsächlich ergebende Nachfrageentwicklung widerspiegeln kann, sondern dazu dient, die Größenordnung des möglichen Nachfragepotentials aufzuzeigen.

Aus der Abschätzung des Nachfragepotentials wird deutlich, daß die Mengenbegrenzung für den Einsatz von Rapsöltreibstoffen, insbesondere für RME, nicht durch die Nachfrageseite, sondern durch die in den Kapiteln 3.3 und 4.1 dargestellten Restriktionen auf der Angebotsseite resultiert. Hierbei ist zusätzlich zu berücksichtigen, daß Rapsöl auch im Bereich der chemisch-technischen Verwendung ein Absatzpotential besitzt, so daß zwischen dem energetischen und dem chemisch-technischen Verwendungsbereich eine Konkurrenzsitutation herrscht, die bei der Diskussion bestehender Restriktionen auf der Angebotsseite berücksichtigt werden muß[146].

[146] Vgl. Wintzer u.a. (1993), S. IV-99.

5. Volkswirtschaftlicher Teil

Im fünften Teil des Gutachtens werden die volkswirtschaftlichen Aspekte einer Verwendung von Rapsöl als Treibstoff erörtert. Zunächst wird in Kapitel 5.1 analysiert, inwieweit das bestehende Wettbewerbsdefizit der Rapsöltreibstoffe durch einen möglichen Anstieg der Preise für fossile Energieträger überbrückt werden kann. Bei der Analyse wird danach unterschieden, ob der Anstieg der Preise für fossile Energieträger auf Veränderungen von Angebot und Nachfrage beruht oder durch steuerpolitische Maßnahmen induziert wird. Wie im betriebswirtschaftlichen Teil gezeigt, ist das Wettbewerbsdefizit der Rapsöltreibstoffe gegenüber mineralischem Dieselkraftstoff erheblich. Daher sind die Rapsöltreibstoffe derzeit nur aufgrund umfangreicher staatlicher Unterstützungsmaßnahmen konkurrenzfähig. In Kapitel 5.2 wird gezeigt, durch welche staatlichen Maßnahmen das Wettbewerbsdefizit überbrückt wird und wie hoch das daraus resultierende Subventionsniveau ist. In einem weiteren Schritt werden die Auswirkungen der Verwendung von Rapsöl als Treibstoff auf zentrale volkswirtschaftliche Größen abgeschätzt. Im einzelnen geht es um die Auswirkungen auf das Sozialprodukt, die gesamtwirtschaftliche Wohlfahrt, die Beschäftigung, das Einkommen sowie den Außenbeitrag. Anschließend wird in Kapitel 5.5 das gegenwärtige Marktordnungssystem für den Anbau von Non-food-Raps aus volkswirtschaftlicher Sicht bewertet. Schließlich wird ein Ausblick auf die zukünftig zu erwartende Preisentwicklung für Ölsaaten gegeben und die Nutzung von Rapsöl als Treibstoff einer volkswirtschaftlichen Gesamtbewertung unterzogen.

5.1 Auswirkungen steigender Preise für fossile Energieträger

5.1.1 Zur These der Verknappung der Energiereserven

Ein Argument für die Nutzung von Rapsöltreibstoffen besteht darin, daß die im Fahrzeugbereich derzeit überwiegend verwendeten fossilen Treibstoffe in ihrem Gesamtvolumen begrenzt sind, während die Rapsöltreibstoffe als nachwachsende Rohstoffe reproduzierbar sind. Um die Frage der Begrenztheit der fossilen Energieträger analysieren zu können, muß zunächst die Art der unterstellten

Verknappung geklärt werden. Bei fossilen Energieträgern kann es zum einen zu vorübergehenden Begrenzungen der Angebotsmenge und zum anderen längerfristig zu einer dauerhaften Verknappung kommen.

Vorübergehende Engpässe in der Versorgung mit fossilen Energieträgern können in erster Linie durch politische Krisen oder kartellbedingte Repressionsversuche, insbesondere durch die OPEC, ausgelöst werden. Die Wahrscheinlichkeit des Auftretens von politischen Krisen wird an dieser Stelle nicht analysiert, da die Ursachen für solche Krisen nicht nur in ökonomischen Faktoren, sondern auch in anderen Gegebenheiten bestehen, die sich weitgehend einer ökonomischen Analyse entziehen. Die OPEC-Länder haben gegenwärtig einen Anteil von etwa 40 % an der weltweiten Erdölfördermenge und verfügen über etwa drei Viertel aller nachgewiesenen Ölreserven[147]. Daher ist die OPEC prinzipiell in der Lage, das Ölpreisniveau durch entsprechende Förderbegrenzungen dauerhaft über das bisherige Niveau anzuheben. Ob dies aber tatsächlich gelingen kann, ist nach den bisherigen Erfahrungen zu bezweifeln. Förderbegrenzungen lassen sich nur dann durchsetzen, wenn sich alle Anbieter daran gebunden fühlen und bei Verletzung der Förderbegrenzungen durch einzelne Anbieter geeignete Sanktionsmechanismen zur Verfügung stehen. Solche Sanktionsmechanismen fehlen der OPEC, so daß der einzelne Anbieter durch eine Ausweitung seiner Fördermenge über die vereinbarte Menge hinaus Vorteile ziehen kann. Angesichts des hohen Finanzbedarfs in den meisten OPEC-Ländern ist es daher wahrscheinlich, daß für einzelne Förderländer ein hoher Anreiz besteht, die Vereinbarungen zu unterlaufen und durch eine Ausweitung der Fördermengen ihre Einnahmen zu steigern[148].

Dieser Zusammenhang läßt sich anhand eines einfachen spieltheoretischen Modells analysieren[149]. Zur Illustration der Situation sei angenommen, daß die OPEC aus zwei Ländern besteht, die jeweils vor der Wahl stehen, miteinander zu kooperieren

[147] Vgl. Matthies (1998), S. 243.
[148] Vgl. Matthies (1998), S. 243 f.
[149] Vgl. Erdmann (1992), S. 51 f.

bzw. die vereinbarte Kooperation zu durchbrechen. Die Entscheidungssituation der beiden Länder läßt sich mit Hilfe der Auszahlungsmatrix in Abbildung 3 darstellen.

Abbildung 3: Das Dilemma der OPEC

		Land 2	
		kooperativ	nicht kooperativ
Land 1	kooperativ	(30,30)	(10,50)
	nicht kooperativ	(50,10)	(15,15)

Quelle: Erdmann (1992), S. 52.

Verhalten sich beide Länder kooperativ, so können sie die Fördermenge gering halten und einen hohen Preis am Markt durchsetzen. Unter der Annahme, daß die Länder die Fördermenge untereinander aufteilen, erzielen beide aus der Ölproduktion Einnahmen von je 30 Geldeinheiten. Verhalten sich beide Länder unkooperativ und weiten ihre Fördermenge über das vereinbarte Niveau hinaus aus, so kommt es zu einem starken Verfall des Weltmarktpreises für Rohöl und beide Länder erzielen aus dem Verkauf von Erdöl nur noch Einnahmen in Höhe von 15 Geldeinheiten. Hält sich hingegen nur eines der beiden Länder an die vereinbarte Fördermenge, während das andere Land sich unkooperativ verhält und seine Fördermenge über das vereinbarte Niveau hinaus ausdehnt, kommt es nur zu einem vergleichsweise moderaten Absinken des Rohölpreises. Das kooperative Land erzielt in dieser Situation aus dem Verkauf von Erdöl Einnahmen in Höhe von 10 Geldeinheiten, während das nicht kooperative Land Einnahmen in Höhe von 50 Geldeinheiten erzielt.

Steht ein Land nun vor der Entscheidung, ob es sich an die vereinbarte Förderbegrenzung halten soll oder nicht, so wird es seine Entscheidung davon abhängig machen, wie hoch seine Einnahmen in der jeweiligen Situation sind. Dabei muß es beachten, daß die Höhe seiner Einnahmen nicht nur von seiner eigenen Entscheidung, sondern auch von der Entscheidung des anderen Landes abhängt. Betrachtet man zunächst die Entscheidungssituation von Land 1, so stellt man fest,

daß es für Land 1 stets vorteilhaft ist, sich nicht an die Förderbegrenzung zu halten, da Land 1 unabhängig davon, wie sich Land 2 verhält, bei nicht kooperativem Verhalten jeweils höhere Einnahmen erzielt als bei kooperativem Verhalten. Für Land 2 liegt eine identische Entscheidungssituation vor. Unabhängig davon, welche Strategie Land 1 wählt, ist es für Land 2 stets die bessere Alternative, sich nicht kooperativ zu verhalten und die Fördermenge über das vereinbarte Niveau hinaus auszudehnen. Es ergibt sich also eine Situation, in der sich beide Länder nicht kooperativ verhalten und ihre Fördermenge über das vereinbarte Niveau hinaus ausdehnen, so daß ein niedriger Weltmarktpreis für Rohöl resultiert. Damit befinden sich die beiden Länder in der Situation eines klassischen Gefangenendilemmas.

Die Konsequenz ist für beide Länder vergleichsweise ungünstig, da sie im Vergleich zur Kooperation nur geringe Einnahmen aus der Erdölförderung erzielen. Durch Kooperation könnten sich beide Länder somit besserstellen. Dies erklärt, warum für die OPEC als Ganzes ein deutliches Interesse besteht, eine Kooperation durchzusetzen und die insgesamt geförderte Menge zu beschränken. Andererseits erklärt das Modell auch, warum sich eine solche Beschränkung der Fördermenge nur schwer durchsetzen läßt. Einigt sich die OPEC auf eine Beschränkung der Fördermenge, so hat jedes einzelne Mitgliedsland einen Anreiz, aus der Kooperation auszubrechen und seine Fördermenge über die vereinbarte Menge hinaus zu erhöhen, solange sich die anderen Länder weiterhin kooperativ verhalten. Dadurch kann das betreffende Mitgliedsland seine Einnahmen aus dem Verkauf von Erdöl gegenüber der Situation, in der alle Mitgliedstaaten kooperieren, deutlich erhöhen. Da diese Überlegung für jeden Mitgliedsstaat der OPEC zutreffend ist, hat jeder Mitgliedstaat einen Anreiz, aus der Kooperation auszubrechen und seine Fördermenge auszuweiten.

Dieses einfache spieltheoretische Modell zeigt, daß eine Kooperation zwischen den beteiligten Ländern langfristig ein wenig wahrscheinlicher Zustand ist. Man kann daher nicht davon ausgehen, daß die OPEC in der Lage ist, durch kartellartige Vereinbarungen einen dauerhaften Anstieg der Erdölpreise durchzusetzen. Wenn es in Zukunft durch politische Krisen bzw. kartellartige Vereinbarungen zu Ölpreiserhöhungen kommen sollte, ist daher zu erwarten, daß diese

Preiserhöhungen nur vorübergehender Natur sein werden. Um solche kurzfristigen Preiserhöhungen ausgleichen zu können, ist die Verwendung von Rapsöl als Treibstoff aufgrund der vergleichsweise geringen potentiellen Angebotsmengen keine Alternative. Zur Überwindung derartiger kurzfristiger Engpässe dürfte eine ausreichende Lagerhaltung das geeignete Instrument sein[150].

Langfristig stellt sich das Problem der Verknappung der fossilen Energieträger aufgrund der Endlichkeit dieser Ressourcen. Zudem ist für die Zukunft aufgrund der Verbrauchsentwicklung in den Entwicklungs- und Schwellenländern mit einem deutlichen Anstieg des Verbrauchs an fossilen Energieträgern zu rechnen. Die Knappheit der fossilen Energieträger wird zumeist mit ihren geringen statischen Reichweiten[151] begründet. Die statische Reichweite einer Ressource ist aber kein geeigneter Indikator, um die Verknappung einer Ressource anzuzeigen. Bei der Berechnung dieser Reichweiten sind vermutete, aber noch nicht nachgewiesene bzw. noch nicht entdeckte oder zu heutigen Preisen nicht wirtschaftlich abbaubare Vorkommen sowie Veränderungen in der Entwicklung der Nachfrage und der technische Fortschritt nicht berücksichtigt[152]. Insbesondere die regelmäßige Erschließung neuer Reserven bildet ein Gegengewicht zum laufenden Verbrauch. Hierbei spielt insbesondere eine Rolle, daß die technologische Entwicklung in den letzten Jahren große Fortschritte gemacht hat. Insgesamt stehen heute erheblich mehr Möglichkeiten zur wirtschaftlichen Erschließung von Erdölfeldern zur Verfügung, als man noch vor einem Jahrzehnt für möglich hielt. Beispielsweise werden heute Lagerstätten mit Hilfe dreidimensionaler Seismik gesucht, einer Technik, die es vor wenigen Jahren noch nicht gab[153]. Aus diesen Gründen läßt sich

---

[150] Vgl. Schrader (1990), S. 12 f.

[151] Die statische Reichweite einer Ressource ergibt sich aus dem Verhältnis der sicheren Reserven zur laufenden Förderung. Sichere Reserven sind alle die Rohstoffvorkommen, "die aufgrund vorliegender geologischer und produktionstechnischer Informationen mit an Sicherheit grenzender Wahrscheinlichkeit aus bekannten Lagerstätten unter gegenwärtigen wirtschaftlichen und technologischen Produktionsbedingungen gewonnen werden können"; Masuhr u.a. (1990), S. 345.

[152] Vgl. Schneider, Schmitt (1983), S. 755 f.

[153] Vgl. Deutsche Shell AG (1995), S. 5.

aus der zeitlichen Entwicklung der statischen Reichweiten für Erdöl bisher auch keine langfristige Verknappung der Erdölreserven feststellen; vgl. Tabelle 15.

Tabelle 15: Statische Reichweiten der Erdölreserven in Jahren

	1965	1970	1974	1979	1984	1989	1996
Reichweite	31	36	31	27	34	41	42

Quellen: Cansier (1987), S. 45; Masuhr u.a. (1990), S. 347; Deutsche Shell AG (1998); Esso AG (1998).

Selbst in den letzten zehn Jahren, einer Phase mit relativ niedrigen Ölpreisen, haben die bekannten Erdölreserven nicht abgenommen. Daher ist für die nahe Zukunft nicht zu erwarten, daß es zu einer wesentlichen Verknappung der Erdölreserven kommt. Ein deutliches Ansteigen des Erdölpreises ist daher auf mittlere Sicht wenig wahrscheinlich. Langfristig kann es zu einem moderaten Anstieg der Erdölpreise kommen, wenn die gegenwärtigen Förderstätten erschöpft sind und auf Lagerstätten mit weniger ergiebigen oder schwerer zugänglichen Vorkommen zurückgegriffen werden muß[154].

Insgesamt ist es also äußerst fraglich, ob eine Förderung der Nutzung von Rapsöl als Treibstoff mit der Verknappung der fossilen Energieträger begründet werden kann. Kommt es in der langen Frist zu einem Anstieg der Erdölpreise, so werden die relativ kostengünstigsten alternativen Energieträger automatisch wettbewerbsfähig. Insbesondere ist nicht zu begründen, warum der Staat eine ganz bestimmte Möglichkeit der Substitution fossiler Energieträger fördert. Neben der Verwendung von Rapsöl als Treibstoff gibt es eine Reihe weiterer Möglichkeiten, fossile Energieträger zu substituieren. Die Förderung eines ganz bestimmten Substituts stellt einen lenkungspolitischen Eingriff des Staates in das Marktgeschehen dar, der nur dann gerechtfertigt wäre, wenn der Staat bezüglich des Vergleichs der einzelnen Substitutionsmöglichkeiten über bessere Informationen verfügt als der Markt. Angesichts der Erfahrungen von staatlichen Förderungen einzelner Produkte in der

[154] Vgl. Deutsche Shell AG (1995), S. 5.

Vergangenheit darf dies bezweifelt werden. Dies schließt jedoch nicht aus, daß der Staat durch Förderung der Grundlagenforschung das Wissen der Marktteilnehmer über die möglichen Substitute erweitert und auf diesem Wege die Erschließung alternativer Energieträger fördert[155]. Der Staat sollte sich also bei der Suche nach alternativen Energieträgern auf die Grundlagenforschung beschränken, während er die konkrete Auswahl einzelner Verfahren dem Markt überlassen sollte.

5.1.2 Auswirkungen einer Verteuerung der fossilen Energieträger auf die relative Wettbewerbsfähigkeit der Rapsöltreibstoffe

Die vorangegange Analyse hat gezeigt, daß ein sprunghafter und dauerhafter Anstieg der Preise für fossile Energieträger wenig wahrscheinlich ist. Wenn überhaupt, ist lediglich ein moderater Anstieg zu erwarten. Im folgenden sollen die Auswirkungen eines Preisanstiegs im Bereich der fossilen Energieträger auf die relative Wettbewerbsposition von RME analysiert werden. Will man die Auswirkungen eines Energiepreisanstiegs ermitteln, so ist zu berücksichtigen, daß bei der Produktion von Rapsöl bzw. RME ebenfalls fossile Energieträger (z.B. für den Betrieb der landwirtschaftlichen Maschinen) eingesetzt werden, so daß es zu einem Anstieg der Bereitstellungskosten von RME kommen wird. Die Energiekosten der einzelnen Stufen zur Herstellung von RME sind in Anhang 5 ausgewiesen. Die Berechnung wird dadurch erschwert, daß es bei steigenden Energiepreisen zu Anpassungsreaktionen bei bestimmten Produktionsprozessen kommen wird. Mit steigenden Energiepreisen werden Investitionen in Energiesparmaßnahmen lohnender, so daß der spezifische Energieverbrauch einzelner Produktionsverfahren zurückgehen wird. Daher kann nicht davon ausgegangen werden, daß nach einem Anstieg der Energiepreise die bisherigen Anteile der Energiekosten an den Gesamtkosten aufrecht erhalten bleiben. Darüber hinaus ist bei den Berechnungen zu berücksichtigen, daß bei der Produktion von RME Energie nicht nur direkt, sondern auch indirekt über die Verwendung der Vorprodukte eingesetzt wird, denn diese Vorprodukte wurden ihrerseits wiederum mit Hilfe von Energie erzeugt. Daher

[155] Vgl. Schrader (1990), S. 13.

werden sich bei einem allgemeinen Energiepreisanstieg auch die Preise einzelner Inputprodukte verändern. Gleiches gilt für die bei der Produktion von RME anfallenden Nebenprodukte Rapsschrot und Glycerin. Die Preisreaktionen der Input- und Nebenprodukte auf steigende Energiepreise sind nur sehr schwer abzuschätzen, da die ihnen zugrundeliegenden Wirkungsketten äußerst komplex sind. So kann man nicht einfach davon ausgehen, daß steigende Energiepreise zu einem proportionalen Anstieg der Preise der jeweiligen Produkte führen, da die tatsächliche Preisreaktion neben dem Anstieg der Bereitstellungskosten von weiteren Faktoren wie z.B. der Marktstruktur oder dem Preis von potentiellen Substituten abhängt.

Da sich die Preisreaktionen der Input- und Nebenprodukte sowie die Veränderungen des spezifischen Energieverbrauchs der einzelnen Produktionsprozesse kaum vorhersagen lassen, wird bei den folgenden Berechnungen aus Vereinfachungsgründen von konstanten Preisen für die Input- und Nebenprodukte sowie konstantem spezifischen Energieverbrauch der einzelnen Produktionsprozesse ausgegangen. Die folgenden Berechnungen können daher nicht die tatsächlichen Auswirkungen eines allgemeinen Energiepreisanstiegs auf die relative Wettbewerbsposition von RME im Vergleich zu mineralischem Dieselkraftstoff wiedergeben, sondern sind als beispielhafte Berechnungen zu verstehen, die eine Tendenzaussage über die voraussichtliche Größenordnung der Veränderung der relativen Wettbewerbsposition erlauben sollen.

In Anhang 5 werden die Auswirkungen einer allgemeinen Energiepreiserhöhung von 20 % bzw. 40 % auf die Bereitstellungskosten von RME geschätzt. Bei der Berechnung wurde von Anbaumengen für Non-food-Raps ausgegangen, wie sie derzeit in Deutschland gegeben sind. Ein Anstieg der Energiepreise um 20 % führt zu einer Erhöhung der Bereitstellungskosten von RME im Ausmaß von 2,42 DM/100 l DKÄ, während sich für mineralischen Dieselkraftstoff unter Zugrundelegung eines Ausgangspreises von 0,45 DM/l eine Verteuerung um 9 DM/100 l DKÄ ergibt. Die Berechnungen machen deutlich, daß sich durch eine Verteuerung der Energiepreise eine Verbesserung der relativen Wettbewerbsposition von RME im Vergleich zu

mineralischem Dieselkraftstoff ergibt. Allerdings liegen die Bereitstellungskosten von mineralischem Diesel auch nach einem unterstellten Anstieg der Energiepreise von 20 % noch deutlich unter den Bereitstellungskosten von RME. Legt man einen abgabenfreien Tankstellenpreis für RME (ohne MwSt) vor Anstieg der Energiepreise von 1,04 DM/l zugrunde, so liegt das Wettbewerbsdefizit von RME gegenüber mineralischem Dieselkraftstoff in der durchgeführten Beispielrechnung nach Anstieg der Energiepreise immer noch bei 0,52 DM/l RME bzw. 0,62 DM/l DKÄ. Bei einem Anstieg der Energiepreise um 40 % beträgt das Wettbewerbsdefizit von RME im Vergleich zu Dieselkraftstoff noch 0,46 DM/l RME bzw. 0,56 DM/l DKÄ.

Aus den Berechnungen wird deutlich, daß ein moderater Anstieg der Energiepreise bei weitem nicht ausreicht, um das Wettbewerbsdefizit von RME zu beseitigen. Hierfür müßte es zu deutlich höheren Energiepreissteigerungen kommen, die weit über denen liegen, die aus heutiger Sicht zu erwarten sind. Daher ist nicht davon auszugehen, daß das Wettbewerbsdefizit von RME in absehbarer Zeit durch einen Anstieg der Preise für fossile Energieträger beseitigt werden kann.

5.1.3 Auswirkungen einer Energie- bzw. CO_2-Steuer

Seit einigen Jahren wird die Einführung von Energie- bzw. CO_2-Steuern diskutiert, um die erschöpfbaren Energieressourcen zu schonen bzw. die Kosten der Emittierung von CO_2 zu internalisieren. Das Für und Wider solcher Steuern soll an dieser Stelle nicht diskutiert werden. Hierfür wird auf die einschlägige Literatur zu diesem Thema verwiesen[156]. Im folgenden sollen die Auswirkungen einer Energie- bzw. CO_2-Steuer auf die relative Wettbewerbsposition von RME im Vergleich zu mineralischem Dieselkraftstoff abgeschätzt werden. Die Auswirkungen werden beispielhaft an der auf EU-Ebene diskutierten kombinierten CO_2- und Energiesteuer analysiert.

[156] Vgl. z.B. Folkers (1995).

1992 hat die Kommission der Europäischen Gemeinschaft einen "Vorschlag für eine Richtlinie des Rates zur Einführung einer Steuer auf Kohlendioxidemissionen und Energie"[157] unterbreitet, der sich zur Zeit noch im Konsultationsverfahren befindet[158]. Die Bemessungsgrundlage der Steuer soll zum einen im Energiegehalt und zum anderen in den Kohlendioxidemissionen der verwendeten Brennstoffe bestehen. Es ist geplant, alle fossilen Energieträger zu besteuern, soweit sie als Brenn- oder Kraftstoff und nicht als Rohstoff verwendet werden, während erneuerbare Energieträger und Elektrizität aus Wasserkraftwerken mit einer Leistung von weniger als 10 Megawatt nicht mit der Steuer belastet werden sollen. Die Steuersätze sollen im Einführungsjahr auf 2,81 ECU/t CO_2 und 0,21 ECU/GJ Energiegehalt festgesetzt und in den folgenden Jahren in mehreren Schritten bis auf 9,37 ECU/t CO_2 und 0,70 ECU/GJ angehoben werden. Für mineralischen Dieselkraftstoff ergibt sich daraus eine steuerliche Belastung von 0,03 DM/l im Einführungsjahr, die dann in den folgenden Jahren in mehreren Schritten auf 0,10 DM/l angehoben wird[159]. Sowohl RME als auch reiner Rapsöltreibstoff würden durch die kombinierte CO_2-/Energiesteuer nicht belastet.

Die Auswirkungen der Einführung dieser kombinierten CO_2-/Energiesteuer auf die relative Wettbewerbsfähigkeit von RME sind deutlich schwieriger abzuschätzen als die Auswirkungen eines allgemeinen Energiepreisanstiegs, da es bei der Einführung einer kombinierten CO_2-/Energiesteuer neben einem allgemeinen Anstieg der Preise für die verschiedenen Energieträger auch zu einer Veränderung der relativen Preise der einzelnen Energieträger kommt. Energieträger mit einem hohen spezifischen Kohlenstoffanteil werden relativ teurer, während Energieträger mit einem niedrigen spezifischen Kohlenstoffanteil relativ billiger werden. Für die Berechnung der Erhöhung der Bereitstellungskosten von RME reicht es im Fall einer kombinierten CO_2-/Energiesteuer daher nicht aus, die Energiekostenanteile der einzelnen Stufen der Produktion von RME zu kennen, sondern es müssen zusätzlich Informationen darüber vorhanden sein, welche Energieträger in welchen Mengen in den einzelnen Produktionsstufen eingesetzt werden. Darüber hinaus benötigt man Abschätzungen

---

[157] Vgl. Kommission der Europäischen Gemeinschaft (1992).
[158] Vgl. Kommission der Europäischen Gemeinschaft (1998).
[159] Vgl. Ressing (1993), S. 301.

darüber, wie und in welchem Ausmaß aufgrund der Veränderung der Relativpreise die einzelnen fossilen Energieträger untereinander substituiert werden. Diese Informationen liegen nicht vor und die Beschaffung würde die zeitlichen Vorgaben dieses Gutachtens sprengen. Da zudem die Berechnungen im vorangegangenen Kapitel gezeigt haben, daß die Erhöhung der Bereitstellungskosten von RME aufgrund höherer Energiepreise für die Beurteilung der relativen Wettbewerbsfähigkeit von RME im Vergleich zu fossilem Dieselkraftstoff von eher untergeordneter Bedeutung ist, scheint es gerechtfertigt, den möglichen Effekt einer Erhöhung der Bereitstellungskosten von RME bei der Beurteilung der Veränderung der relativen Wettbewerbsfähigkeit zu vernachlässigen. Daher werden die möglichen Auswirkungen einer kombinierten CO_2-/Energiesteuer im folgenden unter der Prämisse abgeschätzt, daß die Bereitstellungskosten von RME durch die Einführung der Steuer nicht verändert werden.

Legt man wie im vorhergehenden Kapitel einen abgabenfreien Tankstellenpreis von Diesel in Höhe von 0,45 DM/l und von RME in Höhe von 1,04 DM/l zugrunde, so würde sich im Einführungsjahr der Steuer das Wettbewerbsdefizit von RME von 0,59 DM/l auf 0,56 DM/l verringern. Berücksichtigt man zusätzlich die unterschiedlichen Heizwerte von RME und mineralischem Dieselkraftstoff, so liegt das Wettbewerbsdefizit von RME bei Einführung der Steuer im Ausgangsjahr bei 0,65 DM/l DKÄ. Sind die Steuersätze auf ihr oben dargestelltes höchstes Niveau angehoben worden, so beträgt das Wettbewerbsdefizit von RME gegenüber mineralischem Dieselkraftstoff immer noch 0,49 DM/l RME bzw. 0,58 DM/l DKÄ.

Es sei an dieser Stelle noch einmal darauf hingewiesen, daß bei der Berechnung von günstigen Annahmen für RME ausgegangen worden ist, d.h. daß die errechneten Wettbewerbsdefizite tendenziell zugunsten von RME verzerrt sind. Das sich tatsächlich ergebende Wettbewerbsdefizit kann daher unter Umständen größer ausfallen, es wird aber auf keinen Fall geringer sein, als hier berechnet. Betrachtet man die Ergebnisse, so wird deutlich, daß auch nach der Einführung einer kombinierten CO_2-/Energiesteuer, wie sie in der EU geplant ist, keine wettbewerbsfähige Produktion von RME möglich ist. Dieses Ergebnis ist unabhängig davon, ob man sich dazu entscheidet, eine reine CO_2-Steuer oder eine reine Energiesteuer

bzw. eine Kombination aus CO_2- und Energiesteuer einzuführen. Für die Beurteilung der relativen Wettbewerbsfähigkeit von RME im Vergleich zu Diesel ist primär nicht die Art der einzuführenden Steuer, sondern die Höhe der Steuersätze relevant. Die bisher diskutierten Steuerbelastungen reichen aber bei weitem nicht aus, um das Wettbewerbsdefizit von RME zu überbrücken.

5.2 Haushaltsmäßige Konsequenzen der Verwendung von Rapsöl als Treibstoff

5.2.1 Formen der staatlichen Förderung der Rapsöltreibstoffe

Die Verwendung von Rapsöl als Treibstoff wird in verschiedenen Formen staatlich gefördert. Zunächst ist der Subventionscharakter der Flächenstillegungsprämie zu diskutieren, die die Landwirte auch dann erhalten, wenn sie auf den eigentlich stillgelegten Flächen Non-food-Raps anbauen. Primäres Ziel der Flächenstillegung ist die Begrenzung der Nahrungsmittelproduktion. Zwar können mit der Flächenstillegung prinzipiell auch positive Wirkungen für die Umwelt erzielt werden, diese sind aber gemäß der Zielsetzung der EU-Agrarpolitik als positiver Nebeneffekt anzusehen und nicht als primäres Ziel der Flächenstillegungspolitik[160]. Demnach ist die Flächenstillegungsprämie als eine Prämie für den Verzicht auf den Anbau von Nahrungsmitteln anzusehen. Sie wird für sämtliche Formen des Verzichts auf den Anbau von Nahrungsmitteln gewährt. Dies schließt neben der reinen Flächenstillegung auch den Anbau von nachwachsenden Rohstoffen für Nicht-Nahrungsmittelverwendungen, wie z.B. den Anbau von Non-food-Raps, ein. Es handelt sich bei der Flächenstillegungsprämie daher nicht um eine Zahlung, die speziell für den Anbau von Non-food-Raps bzw. nachwachsenden Rohstoffen gewährt wird. Sie kann somit nicht als spezielle Subvention für den Anbau von Non-food-Raps angesehen werden und führt insbesondere nicht zu Begünstigungen des Anbaus von Non-food-Raps verglichen mit der Alternative der Stillegung.

Bei der Stillegungsprämie handelt es sich um einen Pauschaltransfer, der unabhängig davon gewährt wird, ob die Flächen stillgelegt oder ob auf den stillge-

---

[160] Vgl. Europäische Kommission, Generaldirektion Landwirtschaft (1997), S. 42.

legten Flächen nachwachsende Rohstoffe angebaut werden. Die staatliche Haushaltsbelastung durch die Flächenstillegungsprämie fällt damit unabhängig vom Umfang des Anbaus nachwachsender Rohstoffe an. Die Tatsache, daß es sich bei der Stillegungsprämie um einen Pauschaltransfer handelt, kann anhand von Tabelle 2 verdeutlicht werden. Die Flächenstillegungsprämie verändert den Deckungsbeitrag I des Anbaus von Non-food-Raps und den Deckungsbeitrag I der Flächenstillegung um den gleichen absoluten Betrag. Die relative Wettbewerbsfähigkeit der beiden Alternativen wird durch die Gewährung der Flächenprämie nicht verzerrt, so daß sich die Anbauentscheidung des einzelnen landwirtschaftlichen Betriebes auf seinen stillgelegten Flächen nicht verändert. Es entsteht lediglich ein Einkommenseffekt. Der Landwirt erzielt auf seinen zur Stillegung ausgewiesenen Flächen einen höheren Deckungsbeitrag.

Zu einer anderen Einschätzung bezüglich des Subventionscharakters der Flächenstillegung könnte man allerdings gelangen, wenn man unterstellt, daß das Ziel der Flächenstillegung nicht in der Begrenzung der Nahrungsmittelproduktion besteht, sondern darin, auf den stillgelegten Flächen keine landwirtschaftliche Nutzung zuzulassen, um beispielsweise die mit der landwirtschaftlichen Nutzung verbundenen Umweltbelastungen zu reduzieren. In diesem Fall wäre die Stillegungsprämie als eine Prämie für den Verzicht auf jegliche Form der landwirtschaftlichen Nutzung von stillgelegten Flächen und nicht als Prämie für den Verzicht auf den Anbau von Nahrungsmitteln zu interpretieren. Bei dieser Zielsetzung dürfte die Stillegungsprämie nur für die reine Flächenstillegung und nicht für den Anbau von Non-food-Raps gezahlt werden. Hier wäre die Gewährung der Stillegungsprämie eine spezielle Bevorzugung des Anbaus von Non-food-Raps gegenüber anderen Formen der landwirtschaftlichen Nutzung. In diesem Fall könnte die Stillegungsprämie als eine Form der Subventionierung des Anbaus von Non-food-Raps und damit auch der Rapsöltreibstoffe betrachtet werden. Da die primäre Zielsetzung der Flächenstillegung aber nicht in umweltpolitischen Zielen, sondern in einer Begrenzung der Nahrungsmittelproduktion im Sinne der Marktstabilisierung liegt, erscheint diese Argumention nicht zutreffend. Unter den gegebenen Bedingungen kann die Stillegungsprämie daher nicht als spezielle Subvention für den Anbau von Non-food-Raps angesehen werden.

Der Anbau von Non-food-Raps ist unter den gegebenen Rahmenbedingungen nur in kleinen Mengen wettbewerbsfähig. Um einen großflächigen Anbau zu erreichen, müßte, wie gezeigt, eine spezifische Subvention für den Anbau in Höhe von mindestens 8 bis 10 DM/dt gewährt werden. Für eine deutliche Ausweitung des Anbaus von Non-food-Raps ist es aber nicht geeignet, die Flächenprämie um diesen Betrag zu erhöhen, sondern es muß eine spezielle Subvention gewährt werden, die nur den Anbau von Non-food-Raps bevorzugt. Würde das bisherige System beibehalten und lediglich die Flächenprämie um 8 bis 10 DM/dt erhöht, so würde sich dies sowohl positiv auf den Deckungsbeitrag II des Anbaus von Non-food-Raps als auch auf den Deckungsbeitrag II der reinen Flächenstillegung auswirken (vgl. Tabelle 2). Beide Deckungsbeiträge würden sich um den gleichen absoluten Betrag erhöhen. Daher ergibt sich keine Verbesserung der relativen Wettbewerbsfähigkeit des Anbaus von Non-food-Raps gegenüber der reinen Flächenstillegung, so daß es bei diesem System trotz einer Erhöhung der staatlichen Förderung nicht zu einer Ausweitung der Produktion von Non-food-Raps käme. Es entsteht bei den Landwirten lediglich ein Einkommenseffekt. Damit sich durch eine Subventionierung eine Verbesserung der relativen Wettbewerbsposition des Anbaus von Non-food-Raps ergibt, müßte die Subvention als eine spezifische Zahlung erfolgen, die nur für den Anbau von Non-food-Raps und nicht für die reine Flächenstillegung gewährt wird.

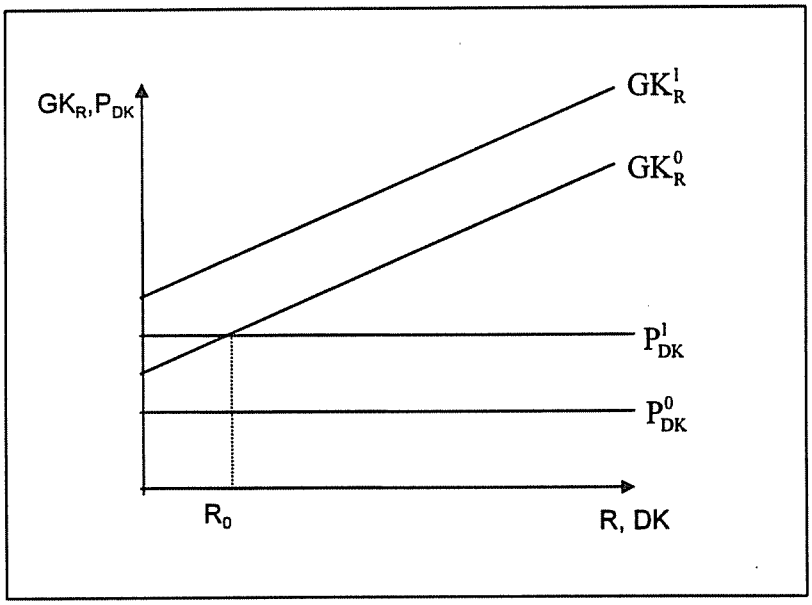
Wie die Produktion, so wird unter den gegebenen Rahmenbedingungen auch die Verarbeitung der Rapssaaten nicht subventioniert. Dies gilt allerdings nur für die laufende Verarbeitung der Rapssaat. Hingegen werden bei der Errichtung der Verarbeitungsanlagen teilweise Beihilfen gewährt[161]. Diese Kosten werden in den meisten Studien nicht erwähnt. Da es sich hierbei um einmalige Beihilfen handelt, werden sie in den folgenden Berechnungen ebenfalls nicht berücksichtigt. Dennoch ist festzuhalten, daß durch diese Beihilfen Ausgaben im Staatshaushalt entstehen,

[161] Vgl. Bund-Länder-Arbeitsgruppe Nachwachsende Rohstoffe (1995), S. 234 ff.

die direkt den Rapsöltreibstoffen zuzurechnen sind. In die gleiche Kategorie gehören die Kosten der Förderung von Projekten in diversen Bereichen, die mit der Verwendung von reinem Rapsöltreibstoff bzw. RME in direkter Beziehung stehen, z.B. die Förderung der Entwicklung rapsöltauglicher Motoren.

Die eigentliche Subventionierung der Rapsöltreibstoffe erfolgt unter den gegebenen Rahmenbedingungen nicht auf der Produktions-, sondern auf der Verwendungsseite. Sowohl reines Rapsöl als auch RME sind von der Mineralölsteuer befreit. Diese Mineralölsteuerbefreiung in Höhe von 0,62 DM/l stellt eine Form der Subventionierung des Rapsöls dar[162]. Dies soll mit Hilfe von Abbildung 4 verdeutlicht werden.

Abbildung 4: Auswirkungen der Befreiung der Rapsöltreibstoffe von der Mineralölsteuer



Quelle: eigene Darstellung

In der Abbildung sind die Grenzkostenkurven der Erzeugung von Rapsöltreibstoffen GK_R^0 und der Weltmarktpreis für Diesel P_{DK}^0 dargestellt. Es wird angenommen, daß

[162] Vgl. Folkers (1992), S. 153.

das Inland ein kleines Land ist, so daß eine Änderung des inländischen Verbrauchs an Dieselkraftstoff keine Auswirkungen auf den Weltmarktpreis für Diesel hat. Daher wird aus Sicht des Inlandes eine kurzfristig vollkommen elastische Angebotskurve für mineralischen Dieselkraftstoff unterstellt. Durch die Erhebung der Mineralölsteuer verschiebt sich die Angebotskurve für Dieselkraftstoff um den Betrag der Mineralölsteuer parallel nach oben (P_{DK}^{1}). Aufgrund der Befreiung von der Mineralölsteuer liegen die Grenzkosten der Rapsöltreibstoffe für kleine Produktionsmengen im Umfang bis zur Menge R_0 unterhalb des Tankstellenpreises für mineralischen Dieselkraftstoff. Wäre Rapsöl nicht von der Mineralölsteuer befreit, würde sich die Angebotskurve des Rapsöls ebenfalls um den Betrag der Mineralölsteuer nach oben verschieben (GK_{R}^{1}). Dadurch wären die Rapsöltreibstoffe auch bei kleinen Produktionsmengen nicht mehr wettbewerbsfähig. Die GK_{R}^{1}-Kurve liegt bei allen Mengen oberhalb der P_{DK}^{1}-Kurve. Um in diesem Fall die Wettbewerbsfähigkeit von Rapsöl mit mineralischem Dieselkraftstoff zu gewährleisten, müßten auf der Produktionsseite entsprechend höhere Subventionen geleistet werden.

Die Befreiung der Rapsöltreibstoffe von der Mineralölsteuer verzerrt nicht nur die Wettbewerbsposition dieser Treibstoffe gegenüber dem Dieselkraftstoff, sondern auch die Wettbewerbsposition zwischen den alternativen Verwendungsmöglichkeiten von Rapsöl. Durch die Befreiung der Rapsöltreibstoffe von der Mineralölsteuer wird Rapsöl in einer ganz bestimmten Non-food-Verwendung gefördert. Alle anderen potentiellen Verwendungsmöglichkeiten von Rapsöl verlieren dadurch gegenüber der Verwendung als Treibstoff an Wettbewerbsfähigkeit. So ist Rapsöl z.B. in der Verwendung als Heizöl gegenüber der Verwendung als Treibstoff nicht mehr wettbewerbsfähig. Da sich Diesel und Heizöl nur durch einige im Kraftstoff enthaltene zusätzliche Additive unterscheiden, kann Rapsöl prinzipiell auch als Heizölsubstitut eingesetzt werden. Unter dem Ziel der Minderung der CO_2-Emissionen bzw. der Schonung der erschöpfbaren Energiereserven sind die Verwendung als Kraftstoff und die Verwendung als Heizöl prinzipiell gleichwertige Alternativen. In beiden Verwendungsrichtungen wird durch die Verwendung von einem Liter Rapsöl die gleiche Menge an CO_2-Emissionen eingespart und die

gleiche Menge an fossilen Energieträgern substituiert. Daher ist die spezielle Förderung nur einer dieser beiden Verwendungsalternativen grundsätzlich nicht zu rechtfertigen.

Wie ist die Befreiung der Rapsöltreibstoffe von der Mineralölsteuer unter steuersystematischen Gesichtspunkten zu bewerten? Befürworter einer Befreiung der Rapsöltreibestoffe argumentieren, daß bei der Verwendung von Rapsöltreibstoffen kein zusätzliches CO_2 freigesetzt wird und Rapsöl als nachwachsender Energieträger zur Schonung der Energieressourcen beiträgt. Aus diesen Gründen sei eine Befreiung von der Mineralölsteuer gerechtfertigt[163]. Dieser Argumentation kann jedoch nur bedingt gefolgt werden. Bei der Analyse der Befreiung der Rapsöltreibstoffe von der Mineralölsteuer muß zwischen Steuern mit umweltpolitischer bzw. ressourcenpolitischer Zielsetzung und Steuern mit anderen Zielsetzungen unterschieden werden. Die Mineralölsteuer ist von ihrer Konzeption her weder eine Steuer mit rein umweltpolitischer noch mit rein ressourcenpolitischer Zielsetzung. Vielmehr werden mit ihr eine Reihe von Zielen verfolgt. Insbesondere unterliegt ein Teil des Mineralölsteueraufkommens einer verkehrspolitischen Zweckbindung für den Straßenbau. Die aus diesen Mitteln finanzierten Straßen werden von allen Fahrzeugen genutzt, unabhängig davon, ob sie mit Rapsöl oder mit mineralischem Treibstoff betrieben werden. Unter diesem Gesichtspunkt ist daher eine Befreiung der Rapsöltreibstoffe von der Mineralölsteuer nicht zu rechtfertigen. Die Frage der Befreiung ist also vielschichtiger, als von den Befürwortern suggeriert wird.

Ein bei der Analyse der Subventionierung von Rapsöltreibstoffen bisher kaum beachteter Aspekt besteht in der Tatsache, daß der Staat mit der Befreiung der Rapsöltreibstoffe von der Mineralölsteuer nicht nur auf die daraus resultierenden Mineralölsteuereinnahmen verzichtet, sondern auch die auf die Mineralölsteuer entfallende Mehrwertsteuer nicht vereinnahmen kann[164]. Bei Zugrundelegung eines Mehrwertsteuersatzes von 15 % betragen die aus der Befreiung von der

---

[163] Vgl. Union zur Förderung von Oel- und Proteinpflanzen e.V. (1992), S. 5; Bertram (1993b), S. 359.
[164] Gemäß § 10 I 4 UstG sind spezielle Verbrauchsteuern, und damit auch die Mineralölsteuer, in die Bemessungsgrundlage der Mehrwertsteuer einzubeziehen.

Mineralölsteuer resultierenden Mindereinnahmen bei der Mehrwertsteuer 0,09 DM/ l, so daß die insgesamt resultierenden Steuermindereinnahmen nicht 0,62 DM/l, sondern 0,71 DM/l betragen. Der Verzicht auf Mehrwertsteuereinnahmen wirkt sich auf die relative Wettbewerbsposition der Rapsöltreibstoffe in gleicher Weise aus wie die Mineralölsteuerbefreiung. Er erhöht lediglich das Ausmaß der Subventionierung pro Liter, verändert jedoch nicht die Art der Begünstigung. Daher bewirkt nicht die Mineralölsteuerbefreiung, sondern die Mineralölsteuerbefreiung zuzüglich der daraus resultierenden Verminderung der Mehrwertsteuerbelastung die Höhe der Subventionierung der Rapsöltreibstoffe.

5.2.2 Abschätzung der haushaltsmäßigen Konsequenzen

Im folgenden soll der Subventionsbedarf für die Verwendung von Rapsöltreibstoffen unter verschiedenen Szenarien quantifiziert und die daraus resultierenden Konsequenzen für den Staatshaushalt abgeleitet werden. Den Berechnungen werden vier verschiedene Szenarien zugrundegelegt.

- In Szenario I wird von einer Anbaumenge von 250 000 ha Non-food-Raps ausgegangen. Dies entspricht in etwa den Anbaumengen, wie sie bisher in der Bundesrepublik Deutschland erzeugt worden sind.
- In Szenario II wird von einer deutlichen Ausweitung der Produktion von Non-food-Raps auf 1,3 Mio. ha ausgegangen. Diese Anbaufläche entspricht in etwa der Fläche, die 1995 in Deutschland im Rahmen des konjunkturellen Flächenstillegungsprogramms stillgelegt wurde. Es wird davon ausgegangen, daß es trotz dieser deutlichen Ausweitung der Anbaumenge nicht zu einem Absinken der Erlöse aus den Beiprodukten Rapsschrot und Glycerin kommt.
- In Szenario III wird von der gleichen Anbaufläche wie in Szenario II ausgegangen. Im Zuge dieser Ausweitung wird jedoch von einem Absinken des für Rapsschrot erzielbaren Preises auf 13 DM/dt und einem Absinken des Glycerinpreises auf 100 DM/dt ausgegangen. Ferner wird in diesem Szenario davon ausgegangen, daß die Verwaltungs-, Transport- und Vertriebskosten auf 12 DM/l RME absinken.

- Szenario IV unterscheidet sich von Szenario III nur insofern, als von einem stärkeren Absinken der Erlöse, die aus dem Verkauf der Beiprodukte erzielt werden können, ausgegangen wird. Es wird angenommen, daß für das anfallende Rapsschrot ein Preis von 5 DM/dt und für das anfallende Glycerin ein Preis von 60 DM/dt erzielt werden kann.

In allen vier Szenarien wird ein Ertrag von 25 dt/ha und eine Ölausbeute von 40 % zugrundegelegt. Die Berechnungen werden nur für das Endprodukt RME durchgeführt. Eine detaillierte Aufstellung der Ergebnisse befindet sich in Anhang 6.

In Szenario I werden bei einem durchschnittlichen Ertrag von 25 dt/ha und einer Ölausbeute von 40 % ca. 221 Mio. l RME hergestellt. Durch die Befreiung der Rapsöltreibstoffe von der Mineralölsteuer ergibt sich in Szenario I ein Verzicht auf Steuereinnahmen in Höhe von 137 Mio. DM. Darüber hinaus entfällt durch den Verzicht auf die Erhebung der Mineralölsteuer auch die auf die Mineralölsteuer zu entrichtende Mehrwertsteuer in Höhe von 20,5 Mio. DM. Der mit der Verwendung von Rapsöl als Treibstoff verbundene Subventionsaufwand beträgt daher in diesem Szenario 157,4 Mio. DM. Pro Liter RME entspricht dies einem Subventionsbetrag von 0,71 DM.

In Szenario II wird von einer Anbaufläche in Höhe von 1,3 Mio. ha ausgegangen. Damit die Landwirte eine solche Ausweitung der Anbaufläche vornehmen, sind zusätzliche spezifische Subventionen für den Anbau von Non-food-Raps in Höhe von ca. 10 DM/dt notwendig. Daraus ergibt sich in Szenario II ein zusätzlicher Subventionsaufwand von 325 Mio. DM. Die Befreiung von der Mineralölsteuer führt in Szenario II zu einem Einnahmenausfall in Höhe von 712 Mio. DM. Der Einnahmenausfall bei der Mehrwertsteuer beträgt 107 Mio. DM. Daraus ergibt sich in diesem Szenario ein Subventionsaufwand in Höhe von etwa 1,14 Mrd. DM bzw. 1,00 DM/l RME.

Im Vergleich zu Szenario II ergibt sich für Szenario III aufgrund des unterstellten Preisverfalls der Beiprodukte Rapsschrot und Glycerin ein zusätzlicher Subventionsbedarf, während aus dem unterstellten Absinken der Verwaltungs-,

Transport- und Vertriebskosten ein entgegengesetzter Effekt resultiert. Insgesamt ergibt sich aus diesen Effekten eine Erhöhung der Bereitstellungskosten von RME um durchschnittlich 0,12 DM/l. Um das daraus resultierende Wettbewerbsdefizit von RME im Vergleich zu Diesel ausgleichen zu können, müssen zusätzliche Subventionen im Umfang von 138 Mio. DM gewährt werden. Daraus ergibt sich in Szenario III insgesamt ein Subventionsaufwand in Höhe von 1,28 Mrd. DM bzw. 1,12 DM/l RME.

In Szenario IV resultiert aus dem Absinken der aus dem Verkauf der Beiprodukte erzielbaren Erlöse sowie der Reduktion der Verwaltungs-, Transport- und Vertriebskosten eine Erhöhung der Bereitstellungskosten von RME um durchschnittlich 0,26 DM/l. Es müssen 298 Mio. DM aufgewendet werden, um das hieraus resultierende Wettbewerbsdefizit auszugleichen, so daß sich in Szenario IV insgesamt ein Subventionsaufwand in Höhe von 1,44 Mrd. DM bzw. 1,26 DM/l RME ergibt.

Der Subventionsbedarf für die Szenarien II bis IV dürfte tendenziell zu niedrig prognostiziert sein, da sowohl die Erzeugung, Verarbeitung und Vermarktung der Rapsöltreibstoffe als auch die Abhängigkeit von der staatlichen Unterstützung erhebliche Risiken beinhalten. Ein Subventionsprogramm mit dem Ziel einer deutlichen Ausweitung der Nutzung der Rapsöltreibstoffe wird daher nur dann erfolgreich sein können, wenn diese Risiken eine genügend hohe Abdeckung erfahren und im Subventionsbetrag berücksichtigt werden. Ein solcher Risikozuschlag muß um so höher sein, je längerfristig die Investitionen in diesem Wirtschaftsbereich festgelegt sind[165]. Ferner ist darauf hinzuweisen, daß die Stillegungsprämie aus den oben genannten Gründen nicht bei der Berechnung des Subventionsaufwandes berücksichtigt wurde. Würde man die Stillegungsprämie als eine Subvention für den Anbau von Non-food-Raps interpretieren, was unter den gegebenen Bedingungen nicht gerechtfertigt ist, würde sich der Subventionsaufwand in allen Szenarien entsprechend erhöhen.

---

[165] Vgl. Enquete-Kommission "Gestaltung der technischen Entwicklung, Technikfolgen-Abschätzung und -Bewertung" (1990), S. 73.

Betrachtet man die Ergebnisse der einzelnen Szenarien, so wird deutlich, daß eine Ausweitung der Nutzung von Rapsöltreibstoffen zu einem deutlichen Anstieg der damit verbundenen Subventionen führt. Darüber hinaus zeigen die Berechnungen, daß die derzeitige Verwendung von Rapsöl als Treibstoff keineswegs subventionsfrei möglich ist. Zwar werden im Staatshaushalt explizit keine Subventionen ausgewiesen, die direkt den Rapsöltreibstoffen zuzuordnen sind, die Befreiung der Rapsöltreibstoffe von der Mineralölsteuer und die daraus resultierende Reduktion der Mehrwertsteuerzahlungen stellt aber wie jede Steuervergünstigung eine Form der Subventionierung dar, deren Betrag als "tax expenditure" in Höhe der Steuermindereinnahmen auszuweisen ist.

5.3 Die Auswirkungen einer Verwendung von Rapsöl als Treibstoff auf zentrale volkswirtschaftliche Größen

5.3.1 Sozialprodukt und Wohlfahrt

5.3.1.1 Aussagekraft vorhandener Studien

Aus volkswirtschaftlicher Sicht ist es von großem Interesse, welche Auswirkungen die Förderung des Einsatzes von Rapsöl als Treibstoff auf die Höhe globaler volkswirtschaftlicher Größen, wie z.B. das Sozialprodukt oder die gesamtwirtschaftliche Wohlfahrt, hat. Hierzu liegen erste Studien vor, die versuchen, die Wirkungen einer Förderung von Rapsöltreibstoffen auf diese Größen zu quantifizieren[166]. Der Versuch einer Quantifizierung der Auswirkungen auf solche hochaggregierte Größen ist jedoch mit erheblichen Problemen verbunden. Die Aussagefähigkeit der einzelnen Studien muß daran gemessen werden, inwieweit das in den Studien zugrundegelegte Modell geeignet ist, die relevanten ökonomischen Effekte abzuschätzen.

Diese Problematik soll exemplarisch an dem von Schöpe (1996) verwendeten Modellansatz verdeutlicht werden. In dieser Studie wird die Produktion von RME über eine Input-Output-Analyse mit dem Rest der Volkswirtschaft verknüpft. Die Auswirkungen der Rapsölproduktion werden dann über die Berechnung keynesia-

---

[166] Vgl. z.B. Schöpe (1996); Kleinhanß, Kerckow, Schrader (1992), S. 60 ff; Murphy, Bramm, Walker (1996), S. 129.

nischer Einkommensmultiplikatoren ermittelt. In einem solchen nachfrageorientierten Modellansatz führt eine Förderung von Rapsöltreibstoff in einer durch Marktunvollkommenheiten gekennzeichneten Ökonomie zu höheren Investitionen und höheren verfügbaren Einkommen sowie über dadurch induzierte Multiplikatoreffekte zu einer Erhöhung des Sozialprodukts. Dabei werden die gesamtwirtschaftlichen Wirkungen durch die positiven Multiplikatoreffekte dominiert und bleiben gegenüber verschiedenen denkbaren negativen Impulsen der Förderung von Rapsöltreibstoffen unempfindlich. Eine derart einseitige Betonung der Nachfrageeffekte ist wenig geeignet, um die gestellte Frage zu beantworten. Es kommt nicht primär darauf an, daß Investitionsausgaben beliebiger Art vorgenommen werden, sondern vor allem, welcher Art die Investitionen sind. Ihre wirtschaftliche Leistungsfähigkeit ist für die Frage nach den ökonomischen Wirkungen auf Sozialprodukt und Wohlfahrt von entscheidender Bedeutung. Daher müssen aus allokationstheoretischer Sicht zur Beurteilung der Vorteilhaftigkeit von Investitionen ihre Opportunitätskosten im Vergleich zu alternativen Investitionen in der Analyse berücksichtigt werden.

Darüber hinaus müssen mögliche negative Wirkungen einer Förderung von Rapsöltreibstoffen in das Modell integriert werden. Derartige Wirkungen werden in einem Modellansatz der oben dargestellten Art kaum erfaßt, da es sich um ein Partialmodell handelt, in dem mögliche Substitutionsprozesse als Folge von geänderten Preisverhältnissen keine Rolle spielen. Ebenso werden mögliche Rück- oder Wechselwirkungen zwischen den einzelnen Sektoren der Ökonomie nicht erfaßt. Damit bleibt in den Modellen der oben dargestellten Art die gesamte Angebotsstruktur, die für die Erzeugung von Einkommen und Wohlfahrt verantwortlich ist, ausgeklammert.

Mit nachfrageorientierten Partialmodellen dieser Art können folglich die Effekte einer Förderung des Einsatzes von Rapsöl als Treibstoff auf das Sozialprodukt oder die gesamtwirtschaftliche Wohlfahrt nicht adäquat erfaßt werden. Die ermittelten Werte können nicht einmal ansatzweise als vorläufige Schätzungen der tatsächlichen Auswirkungen gelten, so daß die Ergebnisse kaum etwas über die Vorteilhaftigkeit einer Verwendung von Rapsöl als Treibstoff aussagen können. Es ist noch nicht einmal sichergestellt, daß wenigstens die Vorzeichen der ermittelten Ergebnisse

richtig sind. Insofern sind diese Ergebnisse auch nicht als Grundlage für politische Entscheidungen geeignet. Im folgenden Kapitel sollen einige Aspekte aufgezeigt werden, die in einen Modell zur Abschätzung der Wirkungen einer Förderung der Rapsöltreibstoffe berücksichtigt werden müßten.

5.3.1.2 Anforderungen an ein adäquates gesamtwirtschaftliches Modell

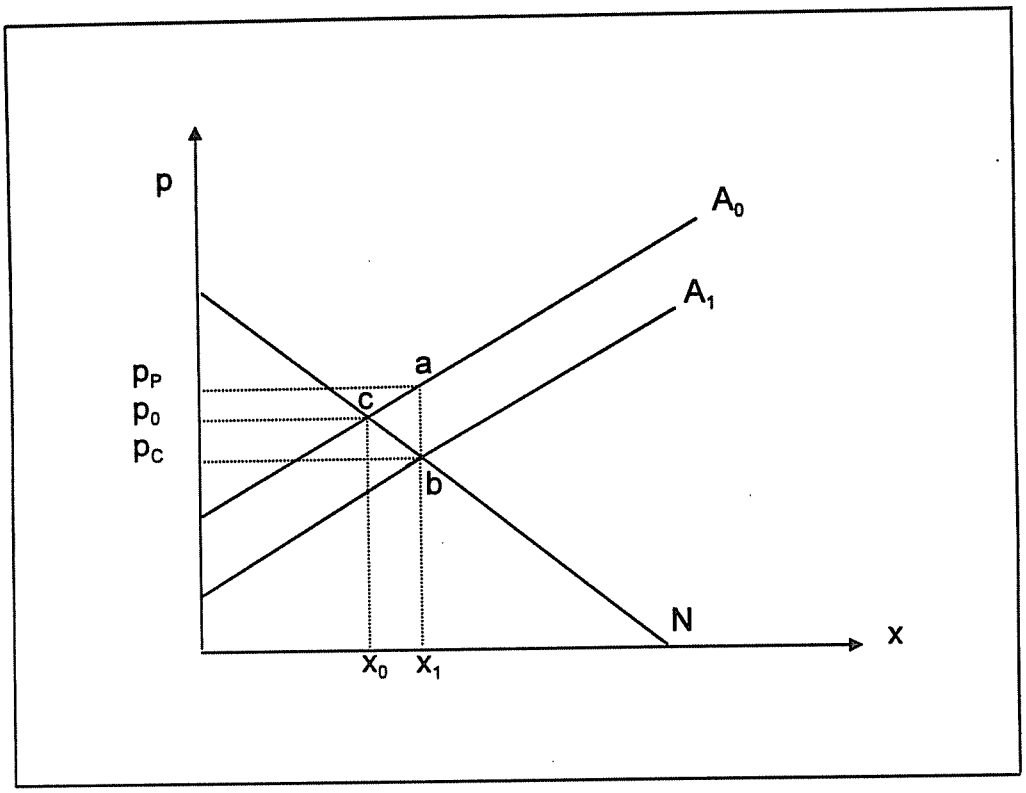
Die in einer geeigneten Analyse der Auswirkungen einer Förderung von Rapsöltreibstoffen auf gesamtwirtschaftliche Größen zu berücksichtigenden Aspekte sollen im folgenden am Beispiel der Quantifizierung des resultierenden Wohlfahrtseffektes diskutiert werden. Die Grundüberlegung, die sich hinter der Ermittlung des Wohlfahrtseffektes verbirgt, läßt sich in der einfachen Frage ausdrücken, ob es einer Gesellschaft nach der Durchführung einer bestimmten staatlichen Maßnahme, in diesem Fall der Förderung des Einsatzes von Rapsöl als Treibstoff, besser geht als zuvor oder nicht. So einfach diese Frage ist, so schwierig ist sie auf theoretischem oder empirischem Wege zu beantworten.

Typischerweise werden bei der Beurteilung der Subventionierung von Rapsöltreibstoffen nur die damit direkt verbundenen Wirkungen auf die Wohlfahrt berücksichtigt. Beispielsweise berechnen Kleinhanß, Kerckow, Schrader (1992)[167] den Netto-Wohlfahrtseffekt aus der Summe der aus der Rapsölverwendung resultierenden Produzentenrente und dem Budgeteffekt. Eine solche Berechnung gibt jedoch nicht den wahren Wohlfahrtseffekt wieder, da nicht sämtliche mit der Verwendung von Rapsöltreibstoffen verbundene Opportunitätskosten berücksichtigt werden. Darunter sind diejenigen entgangenen Erträge zu verstehen, die die Volkswirtschaft realisiert hätte, wenn die Produktionsfaktoren in ihre bestmögliche Verwendung gelangt und nicht durch die Subventionierung oder deren Folge-

[167] Vgl. Kleinhanß, Kerckow, Schrader (1992), S. 60 ff.

wirkungen umgelenkt worden wären. Anhand von Abbildung 5 soll verdeutlicht werden, daß für den Wohlfahrtseffekt mehr als nur die Summe aus Produzenten- und Konsumentenrente relevant ist.

Abbildung 5: Wohlfahrtswirkung einer Subventionierung



Quelle: eigene Darstellung auf Basis von Browning, Browning (1994), S. 116.

In Abbildung 5 sind eine Angebots- und Nachfragefunktion für Rapsöltreibstoff dargestellt. Die Angebotsfunktion A_0 hat einen steigenden Verlauf, d.h. mit steigendem Preis nimmt das Angebot an Rapsöltreibstoff zu. Die Nachfragefunktion N hat einen fallenden Verlauf, d.h. die Nachfrage nach Rapsöltreibstoff geht mit steigendem Preis zurück. Ohne staatlichen Eingriff bildet sich das Marktgleichgewicht in Punkt c. Es wird die Menge X_0 an Rapsöltreibstoff zum Preis p_0 produziert und gehandelt. Nun wird eine Subvention für Rapsöl in Form einer Mengensubvention in Höhe von $\overline{ab}$ pro Liter Rapsöl eingeführt. Dadurch verschiebt sich die Angebotsfunktion für Rapsöl um den Betrag der Subvention nach unten (A_1). Das neue Marktgleichgewicht stellt sich in Punkt b ein. Die gleichgewichtige Rapsölmenge ist gestiegen, während der Rapsölpreis gesunken ist. Welche

Wohlfahrtswirkungen hat die Subventionierung des Rapsöls? Die für die Subventionierung notwendigen Steuermittel betragen P_PabP_C. Der Zuwachs an Konsumentenrente beträgt P_0cbP_C und der Zuwachs an Produzentenrente P_PacP_0. Vergleicht man die Summe der Zuwächse aus Produzenten- und Konsumentenrente mit der Höhe der eingesetzten Steuermittel, so stellt man fest, daß die Summe der beiden Renten um das Dreieck abc kleiner ist als die eingesetzten Steuermittel. Dieser Teil der eingesetzten Steuermittel kommt niemandem in der Volkswirtschaft zugute, sondern geht durch die Subventionierung definitiv verloren. Dies ist die durch die Subventionierung entstehende Zusatzlast (excess burden), die bei Berechnungen der Wohlfahrswirkungen der Rapsölproduktion i.d.R. nicht berücksichtigt wird. Diese Zusatzlast entsteht dadurch, daß es durch die Subventionierung zu einer Fehlallokation der Ressourcen kommt, da auf diese Weise verhindert wird, daß die Ressourcen in ihren jeweils besten Verwendungen eingesetzt werden.

Damit hat man aber noch nicht alle für die Wohlfahrt relevanten Wirkungen einer Förderung der Rapsöltreibstoffe erfaßt. Zusätzlich muß berücksichtigt werden, daß die für die Subventionierung notwendigen Mittel durch die Erhebung allokativ verzerrender Steuern aufgebracht werden müssen. Auch diese Verzerrung verursacht eine Zusatzlast[168]. Damit entstehen über die Erhebung der zur Subventionierung notwendigen finanziellen Mittel weitere Wohlfahrtseinbußen und zwar auch in Bereichen der Volkswirtschaft, die mit der Produktion oder der Verwendung von Rapsöl in keinerlei Beziehung stehen. Hierbei handelt es sich keineswegs um vernachlässigbare Größen. Empirische Schätzungen ergeben, daß die Zusatzlasten der Besteuerung erheblich sind. So bewegt sich z.B. der durchschnittliche Effizienzverlust einer DM Steuern auf Arbeitseinkommen zwischen 7 und 28 %[169]. Dabei wurde von vorsichtigen Annahmen ausgegangen, d.h. die ermittelten Werte sind als untere Grenze der möglichen Zusatzlast anzusehen. Es ist davon auszugehen, daß die Zusatzlast einer marginalen Ausdehnung der Steuerlast deutlich höher ist als die durchschnittliche Zusatzlast der Besteuerung. Daher ist die Zusatzlast des Steuersystems bei einer marginalen Erhöhung der Steuerlast mit

[168] Vgl. Alston, Hurd (1990), S. 149; Grüne (1997), S. 41.
[169] Vgl. Musgrave, Musgrave, Kullmer (1993), S. 113.

mindestens 30 % anzusetzen, d.h. die Kosten 1 DM Subventionen betragen für die Steuerzahler mindestens 1,30 DM.

Diese verschiedenen Formen der Zusatzlasten als Folge einer Subventionierung von Rapsöltreibstoffen lassen sich mit den oben dargestellten einfachen Partialmodellen nicht ermitteln. Derartige Modelle sind daher nicht geeignet, die Wirkungen einer Förderung des Einsatzes von Rapsöl als Treibstoff auf globale Größen der Volkswirtschaft, wie z.B. das Sozialprodukt oder die Wohlfahrt, abzuschätzen. Es ist noch nicht einmal sichergestellt, daß mit solchen einfachen Partialmodellen die Richtung der Veränderung auf globale Größen der Volkswirtschaft richtig prognostiziert werden kann. Es muß also als unzulässig angesehen werden, die Förderung von Rapsöltreibstoffen mit den in derartigen Modellen ermittelten Effekten zu begründen.

Will man die tatsächlichen Wirkungen der Förderung von Rapsöltreibstoffen auf globale Größen der Volkswirtschaft prognostizieren, so liegt grundsätzlich die Analyse im Rahmen eines Totalmodells nahe, mit dem neben den direkten Effekten auch indirekte Effekte sowie Interdependenzen zwischen den einzelnen Bereichen der Volkswirtschaft erfaßt werden können. Die wesentlichen Effekte können jedoch auch ohne ein explizites Gesamtmodell abgeschätzt werden, da es sich bei den betrachteten Fragen um relativ geringfügige Einzelmaßnahmen mit begrenzten Systemeffekten handelt, so daß die Rückwirkungen nur unbedeutende Veränderungen der Werte erwarten lassen. Daher würde dem mit der Entwicklung und Anwendung eines solchen Modells verbundene Aufwand anders als bei einer Analyse des gesamten Steuer- und Subventionssystems nur ein begrenzter Erkenntnisgewinn für die hier untersuchte Frage gegenüberstehen. Somit wird auf die Entwicklung eines derartigen Modells im gegebenen Zusammenhang verzichtet. Die Kritik an den einfachen Partialmodellen der oben dargestellten Art richtet sich damit nicht in erster Linie darauf, daß sie die Effekte von Totalmodellen unbeachtet lassen, sondern darauf, daß die verwendeten Partialmodelle nicht geeignet sind, die relevanten Zusammenhänge in geeigneter Weise abzubilden.

5.3.2 Beschäftigung

Bei der Frage einer Förderung von Rapsöltreibstoffen wurden in der Vergangenheit wiederholt beschäftigungspolitische Argumente angeführt. Diese Argumente werden durch einige vorliegende Studien scheinbar untermauert, die zu dem Ergebnis kommen, daß von einer verstärkten Nutzung von Rapsöl als Treibstoff positive Beschäftigungseffekte ausgehen würden[170]. Im folgenden soll untersucht werden, ob dies tatsächlich zu erwarten ist. Zunächst wird dazu der Bereich Landwirtschaft betrachtet.

Aufgrund der marktpolitischen Rahmenbedingungen erfolgt der Anbau von Non-food-Raps nur auf Stillegungsflächen. Wie im betriebswirtschaftlichen Teil gezeigt, können die landwirtschaftlichen Betriebe durch den Anbau von Non-food-Raps nur sehr geringe zusätzliche Deckungsbeiträge erwirtschaften. Diese zusätzlichen Deckungsbeiträge sind so gering, daß sie nicht ausreichen, um die mit dem Anbau von Non-food-Raps verbundenen Arbeitskosten langfristig zu decken. Daher ist es für einen landwirtschaftlichen Betrieb nicht lohnend, für den Anbau von Non-food-Raps zusätzliche Arbeitskräfte einzustellen. Der Anbau von Non-food-Raps wird also nur mit den bereits in der Landwirtschaft beschäftigten Arbeitskräften erfolgen. Daher sind von einer Nutzung von Rapsöl als Treibstoff keine zusätzlichen Beschäftigungseffekte in der Landwirtschaft zu erwarten.

Dieses Ergebnis könnte dahingehend kritisiert werden, daß auch dann, wenn durch die Nutzung von Rapsöl als Treibstoff keine zusätzlichen Arbeitsplätze geschaffen werden, dennoch ein Abbau bestehender Arbeitsplätze in der Landwirtschaft verhindert werden könnte. Infolge der konjunkturellen Flächenstillegung werden weniger Arbeitskräfte zur Bewirtschaftung der verbliebenen landwirtschaftlichen Flächen benötigt, so daß es zur Freisetzung von Arbeitskräften kommt. Teilweise wird behauptet, daß dieser Effekt durch den Anbau von nachwachsenden Rohstoffen auf den stillgelegten Flächen verhindert werden könne. Will man diese Argumentation genauer analysieren, so muß man die landwirtschaftlichen Betriebe

[170] Vgl. z.B. Schöpe (1996); Wintzer u.a. (1993), S. VI-11.

danach unterscheiden, ob es sich um einen Familienbetrieb handelt oder ob die Bewirtschaftung mit Lohnarbeitskräften erfolgt. Wie bereits begründet, ist in Familienbetrieben der Faktor Arbeit nicht in der Form variabel wie beim Einsatz von Lohnarbeitskräften. Daher kommt es in Familienbetrieben durch eine Teilstillegung der bewirtschafteten Flächen im Umfang von 5 bis 15 %, wie sie bisher im Rahmen der konjunkturellen Flächenstillegung erfolgte, nicht zu einer Freisetzung von Arbeitskräften. Dies gilt umso mehr, da der Landwirt durch die Gewährung der Stillegungsprämie für einen Teil seines durch die Flächenstillegung entstehenden Einkommensverlustes kompensiert wird.

Etwas anders sieht die Situation in Betrieben aus, in denen die Bewirtschaftung mit Lohnarbeitskräften erfolgt. In diesen Betrieben kann der Faktor Arbeit zumindest mittelfristig als variabel angesehen werden. Daher besteht in diesen Betrieben die Möglichkeit, daß es durch konjunkturelle Flächenstillegungen zur Freisetzung von Arbeitskräften kommt. Dieser Effekt kann durch den Anbau nachwachsender Rohstoffe auf den stillgelegten Flächen aber nicht verhindert werden, da die dadurch erzielten Deckungsbeiträge nicht ausreichen, um die für den Anbau notwendigen Arbeitskräfte zu finanzieren. Damit bleibt festzuhalten, daß durch die Nutzung von Rapsöl als Treibstoff im Bereich der Landwirtschaft weder zusätzliche Arbeitsplätze geschaffen noch bestehende Arbeitsplätze erhalten werden können.

Wenn überhaupt, können zusätzliche Arbeitsplätze in anderen mit der Produktion von Rapsöl verbundenen Bereichen der Volkswirtschaft, wie z.B. im Bereich der Verarbeitung der Rapssaaten, entstehen. So werden z.B. sowohl von der Errichtung als auch vom Betrieb der Umesterungsanlagen positive Beschäftigungseffekte erwartet[171]. Dabei wird allerdings übersehen, daß bei derartigen Betrachtungen stets nur die direkten Wirkungen auf die Beschäftigung einbezogen werden. Regelmäßig wird bei diesen Ansätzen außer Acht gelassen, daß durch die Subventionierung bestimmter Produkte nicht nur positive Wirkungen in den subventionierten Bereichen, sondern auch negative Wirkungen in anderen, von der Subventionierung nicht begünstigten Bereichen resultieren werden. Hier sind insbesondere die

[171] Vgl. z.B. Janetschek (1991), S. 62 f.

Bereiche zu nennen, die mit dem subventionierten Produkt in einer direkten Konkurrenzbeziehung stehen. Durch die Nutzung von Rapsöl als Treibstoff in größeren Mengen würde eine entsprechende Menge an Diesel nicht mehr nachgefragt werden. Dies hätte entsprechend negative Konsequenzen für die Beschäftigung in der mineralölverarbeitenden Industrie. Hier ist insbesondere darauf hinzuweisen, daß im Bereich der Raffinerien im europäischen Raum erhebliche Überkapazitäten bestehen und daß sich die deutschen Raffinierien aufgrund des hohen internationalen Wettbewerbsdrucks in einer schwierigen wirtschaftlichen Situation befinden. In der Vergangenheit hat sich gezeigt, daß mit einem Rückgang des inländischen Absatzes an Mineralölprodukten in Deutschland Raffineriekapazitäten stillgelegt wurden[172]. Daher ist bei einem Einsatz von Rapsöl als Treibstoff in größeren Mengen ein Rückgang der Beschäftigung in der mineralölverarbeitenden Industrie zu erwarten.

Letztlich werden also die durch die Subventionierung der Rapsöltreibstoffe entstehenden positiven Beschäftigungswirkungen durch den Verlust an Arbeitsplätzen in anderen Bereichen tendenziell ausgeglichen bzw. möglicherweise sogar überkompensiert. Daher sind von einer Förderung der Rapsöltreibstoffe keine positiven Beschäftigungseffekte zu erwarten. Aufgrund der diversen mit einer Förderung verbundenen Verzerrungswirkungen ist sogar zu befürchten, daß sich die Nutzung von Rapsöltreibstoffen bei Berücksichtigung sämtlicher Wirkungen negativ auf die Beschäftigung auswirkt. Als Mittel der Beschäftigungspolitik ist die Subventionierung von Rapsöltreibstoffen somit kein geeignetes Instrument.

5.3.3 Einkommenseffekte

Neben umwelt- und ressourcenpolitischen Gründen wird in der Nutzung von Rapsöl als Treibstoff die Möglichkeit gesehen, den in der Landwirtschaft Beschäftigten neue Einkommensquellen zu erschließen. Der Zuwachs an Einkommen, den die Landwirte aus dem Anbau von Non-food-Raps erzielen, läßt sich durch die Differenz zwischen

[172] Vgl. Mineralölwirtschaftsverband (1997b), S. 6 ff.

dem Deckungsbeitrag des Anbaus von Non-food-Raps und dem Deckungsbeitrag der durch den Anbau verdrängten Formen der Bodennutzung, in diesem Fall also der reinen Flächenstillegung, bemessen. Wie im betriebswirtschaftlichen Teil gezeigt wurde, ist diese Differenz für einen durchschnittlichen Betrieb negativ. Daher entscheidet sich die Mehrzahl der Betriebe unter den gegenwärtigen Rahmenbedingungen gegen den Anbau von Non-food-Raps. Dementsprechend ergibt sich durch die derzeitige Förderung der Rapsöltreibstoffe in der Mehrzahl der landwirtschaftlichen Betriebe kein positiver Einkommenseffekt. Wenn überhaupt, können nur diejenigen Betriebe, die Non-food-Raps anbauen, positive Einkommenseffekte erzielen. Daher kann durch eine Förderung von Rapsöltreibstoffen keine generelle Verbesserung der Einkommenssituation in der Landwirtschaft erreicht werden, sondern es werden nur in einzelnen, ganz bestimmten landwirtschaftlichen Betrieben positive Effekte erreicht. Es handelt sich bei der Förderung von Rapsöltreibstoffen nicht um eine allgemeine einkommenspolitische Maßnahme für die Landwirtschaft, sondern um eine Maßnahme, die unter einkommenspolitischen Aspekten selektiv lediglich zugunsten bestimmter Betriebe wirkt.

Für die Frage der Einkommenseffekte sind nur diejenigen Betriebe relevant, die mit dem Anbau von Non-food-Raps unter Einbeziehung sämtlicher relevanter Aspekte, wie z.B. den Fruchtfolgezusammenhängen und der Möglichkeit zur Gülleausbringung, einen höheren Deckungsbeitrag erzielen als bei der reinen Flächenstillegung. Wie gezeigt, ist dies nur unter günstigen Bedingungen möglich. Selbst in diesem Fall wird die Differenz zwischen dem Deckungsbeitrag aus dem Anbau von Non-food-Raps und dem Deckungsbeitrag der reinen Flächenstillegung aber nur gering ausfallen. Legt man die in der vorhandenen Literatur durchgeführten Berechnungen zugrunde, so dürfte diese Differenz selbst unter günstigen Bedingungen kaum mehr als 100 DM/ha betragen. Die Landwirte können daher unter den derzeitigen Rahmenbedingungen aus dem Anbau von Non-food-Raps nur vergleichsweise geringe Einkommenszuwächse erzielen.

Auf der anderen Seite sind mit der Verwendung von Rapsöl als Treibstoff hohe Subventionen verbunden. Bezogen auf einen Hektar Anbaufläche beträgt der Subventionsaufwand im Szenario I, welches in etwa das gegenwärtige

Anbauvolumen widerspiegelt, 627 DM/ha. Vergleicht man diesen Betrag mit dem zusätzlichen Einkommen, das die Landwirte aus dem Anbau von Non-food-Raps erzielen, so wird deutlich, daß von dem aufgebrachten Subventionsbetrag selbst unter günstigen Bedingungen kaum mehr als 15 bis 20 % bei den Landwirten ankommt. Der Rest fällt an anderen Stellen in der Volkswirtschaft an bzw. geht aufgrund der mit der Verzerrung der Allokation verbundenen Zusatzlast verloren[173]. Ein Teil des aufgewendeten Betrages fällt z.B. bei den Vorlieferanten der Landwirte und in den Bereichen Ölextraktion und Umesterung an.

Insbesondere für die Bereiche Ölabpressung und Umesterung bietet die derzeitige Marktordnung für den Anbau von Ölsaaten eine vergleichsweise günstige Position. Aufgrund der Wettbewerbssituation der Rapsöltreibstoffe im Vergleich zu Diesel sind die Verarbeiter auf niedrige Einstandspreise für Raps angewiesen, die deutlich unter den Weltmarktpreisen liegen. Müßten die Verarbeiter den Raps zu Weltmarktpreisen beziehen, wären sie nicht mehr in der Lage, die Rapsöltreibstoffe zu einem wettbewerbsfähigen Preis an der Tankstelle anzubieten[174]. Die derzeitigen Regelungen für den Anbau von Non-food-Raps bieten den Verarbeitern der Rapssaaten die Möglichkeit, den Landwirten diese im Vergleich zum Weltmarktpreis deutlich geringeren Preise aufzuzwingen. Dies kann den Verarbeitern der Rapssaaten nur deshalb gelingen, weil den Landwirten aufgrund der derzeitigen Regelungen für die Nutzung der stillgelegten Flächen keine wettbewerbsfähige Alternative zum Anbau von Non-food-Raps bzw. zur reinen Flächenstillegung zur Verfügung steht. Alternativen, die prinzipiell höhere Gewinne bringen können, wie z.B. der Verkauf des angebauten Rapses als Nahrungsmittelraps, stehen nicht zur Verfügung, da diese Alternativen aufgrund der gesetzlichen Regelungen ausgeschlossen sind.

Insgesamt ist also festzustellen, daß die Förderung des Anbaus von Raps für Treibstoffzwecke kein geeignetes Instrument ist, um den Landwirten zusätzliche Einkommensquellen zu eröffnen, da von den insgesamt aufgewendeten Mitteln nur ein vergleichsweise geringer Teil wirklich bei den Landwirten ankommt. Mit einkommenspolitischen Argumenten kann die Verwendung von Rapsöl als Treibstoff

---

[173] Vgl. Folkers (1992), S. 167.
[174] Vgl. Kapitel 5.5.2.

daher nicht begründet werden. Ist es Ziel der Politik, den Landwirten ein bestimmtes Einkommensniveau zu sichern, so gibt es wesentlich effizientere Methoden der Einkommenssicherung. Insbesondere steht der EU mit den direkten Einkommenstransfers ein Instrument zur Verfügung, das nicht nur weniger volkswirtschaftliche Kosten verursacht, sondern auch distributiv gezielter zu Gunsten der Landwirtschaft wirkt, da bei diesem Instrument eine höhere Einkommenseffizienz der Fördermittel vorliegt[175]. Pro DM aufgewendete Fördermittel wird ein deutlich höherer Betrag in der Landwirtschaft einkommenswirksam als beim Einsatz der Mittel zur Förderung von Rapsöltreibstoffen. Würde man die für das Rapsölkonzept eingesetzten Finanzmittel als direkte Einkommenstransfers an die Landwirte auszahlen, so würden diese zu deutlich größeren Einkommenserhöhungen führen, als bei einer Subventionierung von Rapsöltreibstoffen.

5.4 Außenwirtschaftliche Aspekte

5.4.1 Auswirkungen auf den Außenbeitrag

Im folgenden sollen die direkten Wirkungen der Produktion von RME auf den Außenbeitrag quantifiziert werden. In dem Maße, wie RME von den Verbrauchern als Kraftstoff nachgefragt wird, geht der Verbrauch von mineralischem Dieselkraftstoff zurück. Hierbei muß allerdings berücksichtigt werden, daß aufgrund der unterschiedlichen Heizwerte für die Substitution von einem Liter Dieselkraftstoff 1,09 Liter RME benötigt wird. Es wird davon ausgegangen, daß RME importiertes Mineralöl substituiert. Bei der Analyse der Auswirkungen auf den Außenbeitrag muß berücksichtigt werden, daß bei der Produktion von RME neben dem eigentlichen Hauptprodukt auch die beiden Nebenprodukte Rapsschrot und Glycerin anfallen, deren Verwendung ebenfalls Wirkungen auf den Außenbeitrag haben wird. Rapsschrot wird als Futtermittel verwertet und steht dort in erster Linie in Konkurrenz zu importiertem Sojaschrot. Daher können bei einer Ausweitung der Produktionsmengen von Rapsschrot entsprechende Importmengen an Sojaschrot eingespart werden. Ähnliche Auswirkungen sind für das Nebenprodukt Glycerin zu erwarten.

[175] Vgl. Folkers (1992), S. 168.

Deutschland ist Nettoimporteur von Glycerin, so daß bei einer Ausweitung der Glycerinproduktion entsprechende Importmengen an Glycerin eingespart werden können. Im folgenden sollen die Auswirkungen einer Ausweitung der Produktion von RME auf den Außenbeitrag quantifiziert werden. Bei der Berechnung werden die Szenarien I bis III (vgl. Kapitel. 5.2.2) zugrundegelegt[176]. Die Detailergebnisse sind in Anhang 7 ausgewiesen.

In Szenario I werden 250 000 t Rapsöl produziert. Berücksichtigt man die unterschiedlichen Heizwerte von Rapsöl und mineralischem Dieselkraftstoff, so können durch diese Menge 217 500 t importierter Dieselkraftstoff substituiert werden. Legt man den durchschnittlichen Einfuhrpreis von Dieselkraftstoff im Jahre 1997 in Höhe von 316 DM/t zugrunde[177], so ergibt sich daraus eine Verringerung der Dieselkraftstoffimporte im Wert von 68,7 Mio. DM. Bei einer angenommenen Schrotausbeute von 59,8 Prozent fallen bei der Produktion von RME 373 750 t Rapsschrot an. Es wird davon ausgegangen, daß in diesem Szenario die im Blair-House-Abkommen vereinbarte Grenze von einer Million Tonnen Sojaschrotäquivalent EU-weit nicht überschritten wird, so daß die gesamte anfallende Menge an Rapsschrot auf dem Futtermittelmarkt verwendet werden kann. Da Rapsschrot auf dem Futtermittelmarkt in erster Linie in Konkurrenz zu Sojaschrot steht, wird angenommen, daß die gesamte anfallende Rapsschrotmenge importiertes Sojaschrot substituiert. Dabei ist zu berücksichtigen, daß das Rapsschrot einen geringeren Rohproteinanteil hat als Sojaschrot. Bei den folgenden Berechnungen wird angenommen, daß Rapsschrot Sojaschrot entsprechend den unterschiedlichen spezifischen Rohproteingehalten substituiert. Da Rapsschrot einen Rohproteingehalt von 33,8 % und Sojaschrot einen Proteingehalt von 44,8 % hat[178], substituiert die in diesem Szenario erzeugte Rapsschrotmenge 281 981 t importiertes Sojaschrot. Legt man einen durchschnittlichen Importpreis für Sojaschrot in Höhe von 450 DM/t zugrunde, so ergibt sich daraus eine Verringerung des Importwertes in Höhe von 126,9 Mio. DM. Als zweites Nebenprodukt fällt in diesem Szenario Glycerin im Umfang von 26 500 t an. Dadurch

---

[176] Da die Berücksichtigung von Szenario IV für die hier zu analysierende Frage im Vergleich zu Szenario III keinen zusätzlichen Erkenntnisgewinn liefert, wird Szenario IV in diesem Kapitel nicht berücksichtigt.

[177] Vgl. Mineralölwirtschaftsverband (1998).

[178] Vgl. Leifert (1996), S. 73 und 147.

entfällt die Notwendigkeit für den Import dieser Menge an Glycerin. Legt man einen durchschnittlichen Glycerinpreis von 2300 DM/t zugrunde, so ergibt sich daraus eine Verringerung des Importwertes in Höhe von 61,0 Mio. DM. Insgesamt ergibt sich damit in Szenario I eine Verringerung des Importwertes von 256,6 Mio. DM.

In Szenario II werden 1,3 Mio. t Rapsöl produziert. Damit lassen sich 1,13 Mio. t Dieselkraftstoff substituieren, woraus sich eine Verminderung des Importwertes um 357,4 Mio. DM ergibt. Es fällt in diesem Szenario die Menge von 1,94 Mio. t Rapsschrot an. Wird diese Menge komplett als Futtermittel eingesetzt, so ließen sich dadurch theoretisch 1,47 Mio. t importiertes Sojaschrot substituieren. Aufgrund der im Blair-House-Abkommen vereinbarten Grenze von einer Million Tonnen Sojaschrotäquivalent ist dies jedoch nicht möglich. Was diese Regelung für die Bundesrepublik Deutschland bedeutet, ist zur Zeit noch nicht abzusehen, da es bislang noch keine Gemeinschaftsregelung zur Umsetzung dieser Beschränkung gibt. Entsprechend steht auch noch nicht fest, welcher Anteil an der Gesamtmenge von 1 Mio. t Sojaschrotäquivalent der Bundesrepublik Deutschland zugestanden wird. Daher wird für die Berechnungen die Annahme getroffen, daß die Menge gemäß dem Ackerflächenanteil der einzelnen Mitgliedstaaten aufgeteilt wird. Der Anteil der Ackerfläche der Bundesrepublik Deutschland an der gesamten Ackerfläche der EU beträgt 13,82 Prozent[179]. Daraus ergibt sich für die Bundesrepublik Deutschland ein maximales Substitutionspotential von 138 200 t importierten Sojaschrots. Das restliche bei der Produktion von Rapsöl auf Stillegungsflächen anfallende Rapsschrot müßte anderen Verwendungen außerhalb des Futtermittelmarktes zugeführt werden. Bei einer Substitution von 138 200 t importierten Sojaschrot ergibt sich eine Verringerung des Importwertes in Höhe von 62,2 Mio. DM. In Szenario II fallen bei der RME-Produktion 137 800 t Glycerin als Nebenprodukt an. Deutschland ist Nettoimporteur von Glycerin. 1997 betrugen die Nettoimporte 43 871 t[180]. Diese Menge könnte durch das in diesem Szenario bei der RME-Produktion anfallende Glycerin vollständig substituiert werden, so daß hier eine Einstellung der Glycerinimporte zu erwarten wäre. Aus der Substitution des importierten Glycerins errechnet sich eine

[179] Vgl. Leifert (1996), S. 135.
[180] Statistisches Bundesamt, telefonische Auskunft vom 23.9.1998.

Verringerung des Importwertes von 100,9 Mio. DM. Insgesamt ergibt sich damit in diesem Szenario eine Verringerung des Importwertes von 520 Mio. DM.

Szenario III unterscheidet sich von Szenario II nur dadurch, daß es zu einem Absinken der für die Beiprodukte erzielbaren Preise kommt. Dies hat unter den getroffenen Annahmen im Vergleich zu Szenario II keine zusätzlichen Wirkungen auf den Außenbeitrag. Daher resultiert in diesem Szenario dieselbe Veränderung des Außenbeitrags wie in Szenario II.

Es ist darauf hinzuweisen, daß es sich bei den Berechnungen um modellhafte Beispielrechnungen handelt, die nicht die tatsächliche Wirkung auf den Außenbeitrag beschreiben, sondern der Verdeutlichung der Größenordnung dienen. Dies hat verschiedene Gründe. Zum einen wurden nur die direkten Effekte der Rapsölproduktion auf den Außenbeitrag analysiert, während indirekte Effekte (z.B. durch den Import von Vorprodukten der Rapsölproduktion) nicht berücksichtigt wurden. Zum anderen sind die Berechnungen statischer Natur, d.h. sie gehen davon aus, daß keine Marktreaktionen stattfinden. Die sich tatsächlich ergebenden dynamischen Reaktionen und Prozesse auf den einzelnen Märkten können mit der Berechnung nicht erfaßt werden. Schließlich ist darauf hinzuweisen, daß für die Berechnungen ganz bestimmte Annahmen getroffen wurden und die Ergebnisse daher nur unter diesen Annahmen gültig sind. So wurde z.B. bei den Berechnungen unterstellt, daß Rapsschrot importiertes Sojaschrot substituiert. Auf dem Futtermittelmarkt steht Rapsschrot nicht nur in Konkurrenz zum Sojaschrot, sondern auch zu einer Reihe anderer Futtermittel. Daher ist es nicht zwingend erforderlich, daß Rapsschrot Sojaschrot ersetzt, sondern es kann auch andere Futtermittel substituieren.

1996 hatte die gesamte Einfuhr in die Bundesrepublik Deutschland einen Umfang von 686,7 Mrd. DM[181]. Vergleicht man den Umfang der gesamten Einfuhr mit den Ergebnissen der drei Szenarien, so wird deutlich, daß für den Umfang der gesamten Importe und damit auch des Außenbeitrags die Produktion von RME selbst in größere Mengen kaum ins Gewicht fällt.

---

[181] Institut der deutschen Wirtschaft (1997), Tab. 37.

5.4.2 Internationale Wirtschaftsbeziehungen

Bei einer Analyse der außenwirtschaftlichen Wirkungen einer Förderung von Rapsöl sind neben den Wirkungen auf den Außenbeitrag weitere Aspekte zu berücksichtigen. So wird eine Ausweitung der Produktion von Rapsöl für Treibstoffzwecke auch Auswirkungen auf die internationalen Wirtschaftsbeziehungen haben. Hier ist insbesondere auf drohende Handelskonflikte hinzuweisen. Bei einem großflächigen Anbau von Non-food-Raps würde sich ein Interessenkonflikt ergeben, der bereits in den GATT-Verhandlungen in der Vergangenheit eine Rolle gespielt hat, da neben dem Rapsöl zur Treibstoffnutzung auch eine entsprechend große Menge an Rapsschrot anfällt. Eine derart starke Erhöhung der Rapschrotproduktion würde in Konkurrenz zu den verschiedenen anderen Futtermitteln auf dem Weltmarkt treten. Dabei handelt es sich in erster Linie um Sojaschrot. Der wichtigste Hersteller für Sojabohnen bzw. Sojaschrot sind die USA mit einem Anteil von 48 % an der gesamten Sojaproduktion, während die EU mit einem Anteil von etwa 50 % an den gesamten Weltsojaimporten die Sojabohnen- und Sojaschrotimportmärkte dominiert[182]. Dies erklärt, warum sich bei der Frage der Liberalisierung des Ölsaatenmarktes die USA und die EU als die beiden Hauptkontrahenten gegenüberstanden. Als Kompromiß einigte man sich auf die im Blair-House-Abkommen festgesetzte Mengenbegrenzung von einer Million Tonnen Sojaschrotäquivalent für die aus Non-food-Ölsaaten gewonnenen Ölschrote. Bereits aus dieser Definition der Begrenzung in Sojaschrotäquivalent und nicht in Hektar Anbaufläche wird deutlich, daß es den USA weniger um die Begrenzung des Einsatzes von Pflanzenöl in Non-food-Verwendungen ging, sondern darum, ihrem Exportprodukt Sojaschrot aus dem europäischen Rapsschrot keine Konkurrenz erwachsen zu lassen.

Unterhalb dieser festgelegten Schwelle von einer Million Tonnen Sojaschrotäquivalent sind keine Handelskonflikte zu erwarten, und zwar unabhängig davon, ob diese Menge gleichmäßig in der ganzen EU oder nur in einem Mitgliedsstaat anfällt. Problematisch wird es, wenn es zu einem großflächigen Anbau von Non-food-Raps

[182] Vgl. OECD (1994), S. 12 f.

für Treibstoffzwecke kommt, da in diesem Fall die Grenze von einer Million Tonnen Sojaschrotäquivalent auf jeden Fall überschritten wird. Hier bliebe der in Kapitel 4.1.6 dargestellte Ausweg der Verwendung des Rapsschrot außerhalb des Futtermittel- oder Nahrungsmittelsektors.

Dennoch ist nicht auszuschließen, daß es bei einer großflächigen Ausweitung des Anbaus von Non-food-Raps für Treibstoffzwecke zu Handelskonflikten kommt. Der Grund liegt darin, daß ein großflächiger Anbau nur erfolgen wird, wenn eine spezifische Subvention für den Anbau von Non-food-Raps gewährt wird. Auch eine solche Subventionierung für Rapsöl, dessen Rapschrot nicht in Konkurrenz zu anderen Eiweißfuttermitteln auf dem Weltmarkt tritt, stellt ein Handelshemmnis dar, weil es die Exportchancen der pflanzenölproduzierenden Drittländer auf dem Weltmarkt beschränkt. Hier ist z.B. Palmöl zu nennen, dessen Haupterzeugerländer Malaysia und Indonesien sind. Palmöl ist auf dem Weltmarkt bereits seit langem billiger verfügbar als Rapsöl. Dies ist auch in Zukunft zu erwarten, zumal die Produktion in den Haupterzeugerländern weiter kräftig ausgedehnt wird[183]. Längerfristig hätte eine Subventionierung von Rapsöl für Treibstoffzwecke insbesondere für diejenigen Entwicklungs- und Schwellenländer Nachteile, bei denen Pflanzenölexporte zu Weltmarktbedingungen wesentliche Einnahmequellen darstellen oder potentiell darstellen können. Es erscheint kaum vertretbar, daß in der EU die Produktion von Pflanzenöl mit hohen Subventionen auf vergleichsweise weniger geeigneten Standorten gefördert wird und damit die ohnehin geringen Exportmöglichkeiten und Entwicklungschancen der betreffenden Länder weiter verschlechtert werden. Abgesehen von den Kosten für diese Länder werden dadurch auch volkswirtschaftliche Kosten innerhalb der EU entstehen, sofern ein Ausgleich für die gestörten Entwicklungsmöglichkeiten dieser Länder in Form höherer Entwicklungshilfe geleistet werden muß[184].

Die Höhe der aus den internationalen Rückwirkungen einer Ausweitung der Produktion von Non-food-Raps für Treibstoffzwecke resultierenden zusätzlichen volkswirtschaftlichen Schäden im In- und Ausland ist quantitativ nicht abzuschätzen.

---

[183] Vgl. Grosskopf, Kappelmann (1994), S. 151; Bickert (1995), S. 54.
[184] Vgl. Folkers (1992), S. 166.

Im Ergebnis würden sie aber die in den vorangegangenen Kapiteln ermittelten volkswirtschaftlichen Kosten der Förderung der Nutzung von Rapsöl als Treibstoff zusätzlich erhöhen.

5.5 Analyse des Marktordnungssystems

Im folgenden sollen die allokativen Konsequenzen des Marktordnungssystems für Ölsaaten analysiert werden. Dazu werden zunächst die Wirkungen der Änderung einzelner im Rahmen der Marktordnung verwendeter Instrumente auf das Anbauverhalten der landwirtschaftlichen Betriebe analysiert. Daran anschließend wird eine Bewertung des gegenwärtigen Marktordnungssystems aus volkswirtschaftlicher Sicht vorgenommen. In einem weiteren Schritt wird analysiert, welche Auswirkungen die Umsetzung der in der Agenda 2000 geplanten Änderungen der Marktordnung für den Anbau von Non-food-Raps haben werden.

5.5.1 Auswirkungen von Änderungen der marktpolitischen Rahmenbedingungen

Wie in Kapitel 3.2 dargestellt, sind wesentliche Elemente der derzeitigen Marktordnung für Ölsaaten die Flächenprämien und die Flächenstillegung. Im folgenden werden mögliche Auswirkungen von Änderungen dieser Instrumente diskutiert. Im einzelnen werden folgende Maßnahmen analysiert:

- Änderung der Höhe der Flächenstillegungsprämie,
- Änderung der Höhe der Flächenprämie für Nahrungsmittelraps,
- Änderung der Höhe der Flächenstillegungsrate.

Wie bereits im betriebswirtschaftlichen Teil dargestellt, hat eine Änderung der Höhe der Stillegungsprämie keinen Einfluß auf den Umfang des Anbaus von Non-food-Raps, da sich durch eine solche Maßnahme sowohl der Deckungsbeitrag des Anbaus von Non-food-Raps als auch der Deckungsbeitrag der reinen Flächenstillegung um denselben Betrag verändert. Die Forderung, die Stillegungsprämie zu erhöhen, um den Anbau von nachwachsenden Rohstoffen zu forcieren, ist daher völlig verfehlt, und es ist zu vermuten, daß sich hinter solchen Forderungen andere Motive als die Förderung des Anbaus nachwachsender Rohstoffe verbergen.

Durch eine Verringerung der Flächenprämie für den Anbau von Raps auf Basisflächen würde der Anbau von Nahrungsmittelraps gegenüber dem Anbau von Getreide an Wettbewerbsfähigkeit verlieren und die Erzeugung von Nahrungsmittelraps entsprechend eingeschränkt werden. Dadurch würde in Betrieben, die vor dem Absenken der Flächenprämie einen hohen Anteil an Raps in der Fruchtfolge hatten, die Fruchtfolgegrenze nicht mehr limitierend für den Anbau von Non-food-Raps wirken. Daher werden an Standorten mit traditionell guten Bedingungen für den Anbau von Raps diejenigen Betriebe, die aus dem Anbau von Non-food-Raps einen höheren Deckungsbeitrag erzielen als aus der reinen Flächenstillegung, zu einer Ausweitung ihres Anbaus von Non-food-Raps bereit sein, so daß bei einer Absenkung der Flächenprämie für den Anbau von Raps auf Basisflächen tendenziell mit einer Ausdehnung des Anbaus von Non-food-Raps zu rechnen ist[185].

Tabelle 16: Zusammenhang zwischen der Höhe der Flächenstillegungsrate und der Anbauentwicklung von Non-food-Raps

	1995	1996	1997
Stillegungsrate	12 %	10 %	5%
Anbau von Non-food-Raps in ha	327 816	231 816	107 000

Quelle: siehe Tabelle 1; Europäische Kommission, Generaldirektion Landwirtschaft (1997), S. 23.

Wie im betriebswirtschaftlichen Teil gezeigt, wird Non-food-Raps nur auf stillgelegten Flächen angebaut, da dessen Anbau auf Basisflächen nicht wettbewerbsfähig ist. Dadurch hat eine Änderung des Regelsatzes der obligatorischen Flächenstillegung unmittelbaren Einfluß auf das Ausmaß des Anbaus von Non-food-Raps. Bei einer Absenkung der Stillegungsrate wird der Anbau von Non-food-Raps eingeschränkt. Dieser Zusammenhang wird durch die tatsächliche Entwicklung in der Vergangenheit bestätigt. Die Flächenstillegungsrate wurde von zunächst 15 % in mehreren Schritten auf zuletzt 5 % abgesenkt. Insbesondere seit 1995 ist der Zusammenhang zwischen dem Absinken der Flächenstillegungsrate und dem Anbauumfang von

[185] Vgl. Kleinhanß (1993b), S. 161 f.

Non-food-Raps deutlich zu erkennen; vgl. Tabelle 16. In den davor liegenden Jahren läßt sich ein solch enger Zusammenhang nicht feststellen, da die Anbauentwicklung von Non-food-Raps in diesen Jahren teilweise auf Sondereinflüssen beruhte[186].

5.5.2 Bewertung des gegenwärtigen Marktordnungssystems aus volkswirtschaftlicher Sicht

Da sich Food- und Non-food-Raps hinsichtlich ihrer Qualität und Ertragskraft nicht unterscheiden, stehen beide Verwendungsarten in direkter Konkurrenz miteinander. Auf einem unregulierten Markt würden daher jeweils die am Markt erzielbaren Preise darüber entscheiden, ob Raps für Food- oder für Non-food-Zwecke verwendet wird[187]. Da der Marktpreis für Food-Raps deutlich über dem Marktpreis von Non-food-Raps liegt, würden die Landwirte auf einem unregulierten Markt ihren gesamten Raps als Nahrungsmittelraps verkaufen. Auf einem unregulierten Markt wären daher bei dem gegebenen Relativpreisverhältnis zwischen Food- und Non-food-Raps die Non-food-Verwendungen von Raps nicht wettbewerbsfähig.

Nimmt man einen unregulierten Markt als Referenzsystem und vergleicht ihn mit dem gegenwärtigen Marktordnungssystem, so stellt man fest, daß das gegenwärtige Marktordnungssystem zu abweichenden Ergebnissen führt. Trotz des deutlich geringeren Marktpreises für Non-food-Raps im Vergleich zum Food-Raps können die Non-food-Verwendungen in begrenztem Umfang mit den Food-Verwendungen konkurrieren. Dies macht deutlich, daß die Regulierungen zu einer Verzerrung der Marktergebnisse führen. Nur durch die Regulierung wird die Verwendung von Raps für Non-food-Zwecke wettbewerbsfähig. Da der Anbau von Non-food-Raps auf Flächen zugelassen ist, auf denen ansonsten keine Ackerfrüchte für Nahrungsmittelzwecke angebaut werden dürfen, wird der Anbau von Non-food-Raps sowohl vom Wettbewerb mit Food-Raps als auch vom Wettbewerb mit anderen Ackerfrüchten für Nahrungsmittelzwecke abgekoppelt. Nur aufgrund dieser

---

[186] Vgl. hierzu Kapitel 4.1.1.
[187] Vgl. Goy (1998).

künstlichen Wettbewerbsbeschränkung ist die Verwendung von Raps für Non-food-Zwecke trotz des deutlich niedrigeren Preises im Vergleich zum Food-Raps überhaupt wettbewerbsfähig. Würde diese Wettbewerbsbeschränkung aufgehoben werden, müßten die Verarbeiter von Non-food-Raps den Landwirten einen Preis in Höhe des Weltmarktpreises für Nahrungsmittelraps zahlen, um mit den Food-Verwendungen konkurrieren zu können. Dieser höhere Einstandspreis für Non-food-Raps hätte aber eine deutliche Erhöhung des Preises, zu dem die Rapsöltreibstoffe an der Tankstelle bereitgestellt werden können, zur Folge. Legt man einen Weltmarktpreis für Nahrungsmittelraps von 40 DM/dt zugrunde, so würden sich, wenn die Verarbeiter von Non-food-Raps diesen Preis als Einstandspreis zahlen müßten, die in der Modellrechnung (vgl. Kapitel 4.1.5) ermittelten Bereitstellungskosten von RME bei derzeitigen Produktionsmengen um durchschnittlich 29 DM/100 l erhöhen. In diesem Fall könnte RME trotz der Mineralölsteuerbefreiung an der Tankstelle nicht mehr mit mineralischem Dieselkraftstoff konkurrieren. Damit erzeugen die Regulierungen der Bewirtschaftung stillgelegter Flächen, die der Begrenzung der Nahrungsmittelproduktion dienen und nicht speziell dem Anbau von Non-food-Pflanzen zugerechnet werden können, auf dem Treibstoffmarkt eine sekundäre Subventionswirkung, deren geldwerter Vorteil im Fall von RME mit 29 DM/100 l anzusetzen ist. Der gleiche Effekt könnte auch durch direkte Subventionen entsprechender Höhe erreicht werden. Daher sind die Regulierungen als eine Form der Subventionierung der Rapsöltreibstoffe anzusehen. Sie schaffen für die Verwendung von Rapsöltreibstoffen geldwerte Vorteile. Die Zahlungen werden in diesem Fall allerdings nicht über das Steuersystem durch den Steuerzahler aufgebracht, sondern sie werden über die als Folge der Regulierung veränderten Marktpreise ohne Umweg über den Staatshaushalt von den Marktteilnehmern aufgebracht.

Der Subventionscharakter von Regulierungen ist in der ökonomischen Theorie seit langem bekannt[188]. Genauso wie Subventionen sind Regulierungen dazu geeignet, eine politisch gewünschte Menge des betroffenen Gutes, in diesem Fall Rapsöltreibstoff, bereitzustellen, die der Markt ohne diese Instrumente nicht anbieten

[188] Vgl. z.B. Posner (1971), S. 28 ff.

würde. Die Verwendung von Rapsöl als Treibstoff wird damit nicht nur durch die bereits dargestellte Subventionierung, sondern indirekt auch durch die gewählte Form der Regulierung gefördert. Dieser Aspekt wird bisher bei der Beurteilung der staatlichen Förderung der Rapsöltreibstoffe vernachlässigt, wenngleich es sich für die Frage der Wettbewerbsfähigkeit der Rapsöltreibstoffe an der Tankstelle keineswegs um einen unwesentlichen Aspekt handelt. Diese Förderung unterscheidet sich von den in Kapitel 5.2.1 dargestellten Subventionierungen lediglich dadurch, daß es sich hier um keine Subvention im engeren Sinne handelt und diese insbesondere nicht zu einer Belastung im Staatshaushalt führt.

Darüber hinaus ist bei der Analyse der Regulierungen zu berücksichtigen, daß Regulierungen genauso wie verzerrende Steuern und Subventionen aufgrund der durch sie bewirkten Marktverzerrungen zusätzlich zu Wohlfahrtseinbußen führen[189]. Die Höhe der mit den dargestellten Regulierungen verbundenen Wohlfahrtseinbußen läßt sich nur schwer quantifizieren, es sind jedoch analoge Zusammenhänge wie in Kapitel 5.3.1.2 zugrundezulegen, so daß die Wohlfahrtsverluste ein erhebliches Ausmaß annehmen werden und daher für weitere Nachteile verantwortlich sind, die bei der Beurteilung der Rapsöltreibstoffe nicht unberücksichtigt bleiben dürfen.

5.5.3 Die Einhaltung der Marktspaltung zwischen Food- und Non-food-Raps

Wie im vorangegangenen Kapitel gezeigt, wird durch die derzeitige EU-Marktordnung für Ölsaaten eine künstliche Spaltung des Marktes für Raps in einen Markt für Food-Raps und einen Markt für Non-food-Raps bewirkt. Auf den beiden Märkten herrschen unterschiedliche Markt- und insbesondere auch unterschiedliche Preisbedingungen, obwohl prinzipiell das gleiche Produkt gehandelt wird. Der gehandelte Raps unterscheidet sich nur insofern, als der auf dem Markt für Food-Raps gehandelte Raps auf Basisflächen angebaut wird, während der auf dem Markt für Non-food-Raps gehandelte Raps auf stillgelegten Flächen angebaut wird. Eine

[189] Vgl. Posner (1971), S. 41 f.

derartige Spaltung in zwei voneinander getrennte Teilmärkte kann nur dann aufrecht erhalten werden, wenn sie durch entsprechende staatliche Maßnahmen dauerhaft sichergestellt wird. Andernfalls würde der Markt für Non-food-Raps über kurz oder lang zusammenbrechen, da es auf einem nicht regulierten Markt für die Landwirte aufgrund des deutlich niedrigeren Preises nicht attraktiv ist, den Raps als Non-food-Raps zu verkaufen, denn sie können durch den Verkauf auf dem Markt für Food-Raps deutlich höhere Erlöse erzielen.

Die Marktspaltung wird bei der derzeitigen Marktordnung dadurch gewährleistet, daß der auf stillgelegten Flächen angebaute Raps nicht auf dem Markt für Food-Raps verkauft werden darf. Daher steht den Landwirten für den auf stillgelegten Flächen angebauten Raps nur die Möglichkeit des Verkaufs als Non-food-Raps offen. Es ist jedoch wahrscheinlich, daß das Verbot der Vermarktung von Non-food-Raps auf dem Markt für Food-Raps allein langfristig nicht ausreichen wird, um eine wirksame Spaltung der beiden Märkte aufrechtzuerhalten. Ein solches Verbot kann nur dann wirksam sein, wenn es entsprechend kontrolliert wird. Wie die ökonomische Theorie beispielsweise im Hinblick auf die Steuerhinterziehung verdeutlicht, müssen gesetzliche Vorschriften bzw. Verbote durch effektive Überwachungsmaßnahmen und Strafandrohungen bei Übertretung ergänzt werden[190], um die erwünschten Konsequenzen zu erzeugen. Für den Anbau und die Verwertung von Non-food-Raps existieren eine Reihe von Vorschriften, mit denen die ordnungsgemäße Verwendung des auf stillgelegten Flächen angebauten Rapses sichergestellt werden soll[191]. Voraussetzung für den Anbau von Non-food-Raps ist insbesondere der Abschluß eines Anbau- und Abnahmevertrages. In diesem Vertrag muß der voraussichtliche Hektarertrag des auf den stillgelegten Flächen angebauten Non-food-Rapses angegeben werden. Dieser voraussichtliche Ertrag muß mindestens dem Durchschnitt der von den zuständigen Landesstellen festgesetzten repräsentativen Erträge der beiden Vorjahre entsprechen. Der Vertrag muß weiterhin eine ausdrückliche Erklärung enthalten, in der sich der Erzeuger verpflichtet, sämtliche auf den Vertragsflächen geernteten Erzeugnisse abzuliefern und der Aufkäufer sich verpflichtet, die gesamte Produktionsmenge abzunehmen und zu garantieren, daß

---

[190] Vgl. z.B. Hagedorn (1991).
[191] Vgl. Bundesantstalt für Landwirtschaft und Ernährung (1998).

eine gleich große Menge dieser Erzeugnisse zur Herstellung von Non-food-Enderzeugnissen verwendet wird.

Die Kontrolle der ordnungsgemäßen Verwendung erstreckt sich prinzipiell auf zwei Bereiche. Zum einen muß kontrolliert werden, ob der Landwirt die gesamte Menge des auf den stillgelegten Flächen angebauten Rapses auch wirklich als Non-food-Raps abliefert und zum anderen muß kontrolliert werden, ob das aus dem Non-food-Raps erzeugte Rapsöl auch wirklich zur Herstellung von Non-food-Erzeugnissen verwendet wird. Die Verpflichtung des Landwirts zur Ablieferung des gesamten auf den stillgelegten Flächen angebauten Rapses wird durch die Festlegung eines regionalen repräsentativen Mindestertrages kontrolliert, der von den zuständigen Landesbehörden festgelegt wird. Wird dieser Mindestertrag unterschritten, so besteht der Verdacht einer Unregelmäßigkeit und der Landwirt muß die Unterschreitung schlüssig begründen. Als weiteres Kontrollmittel muß der Landwirt, wenn er Raps sowohl auf stillgelegten Flächen als auch auf Basisflächen anbaut, den zuständigen Behörden auch den auf den Basisflächen voraussichtlich zu erzielenden Ertrag melden. Insgesamt ist damit ein umfassendes Kontrollsystem errichtet worden, mit dem weitgehend sichergestellt ist, daß der Non-food-Raps zumindest in Höhe der regionalen Mindesterträge ordnungsgemäß abgeliefert wird. Klärungsbedarf besteht allerdings bezüglich der Frage, inwieweit dieses Kontrollsystem geeignet ist, sicherzustellen, daß auch die über die Mindesterträge hinausgehenden Mengen ordnungsgemäß abgeliefert werden. Dies kann das bestehende System nur bedingt leisten. Zwar verpflichtet sich der Landwirt in dem Anbauvertrag, sämtliche auf den stillgelegten Flächen angebauten Erzeugnisse abzuliefern, ökonomische Analysen illegaler Aktivitäten ergeben jedoch, daß eine solche Verpflichtung unter anreizökonomischen Gesichtspunkten nur dann wirksam ist, wenn sie durch entsprechende Kontrollen und Strafen abgesichert wird. Dies ist im bestehenden Meldesystem aber nicht ausreichend der Fall. Zur Sicherstellung der Marktspaltung ist somit darüber nachzudenken, wie dieses Problem gelöst werden kann. Allerdings erscheint es fraglich, ob hierfür umfangreichere bzw. strengere Kontrollen wirklich das geeignete Instrument sind. Eine genaue Kontrolle jedes einzelnen Landwirts wäre mit erheblichen Kosten verbunden, die den Nutzen solcher Kontrollen deutlich überwiegen könnten. Daher wäre z.B. zu überlegen, ob höhere

Strafen ein geeignetes Instrument sind, um eine Fehldeklaration der über den Mindestertrag hinausgehenden Mengen zu verhindern. Die Erkenntnisse der ökonomischen Theorie der Steuerhinterziehung belegen, daß der Anreiz für das Durchbrechen einer gesetzlichen Regelung ceteris paribus mit der Höhe der im Falle einer Entdeckung verbundenen Strafe sinkt[192].

Schafft man über die derzeitigen Maßnahmen hinaus keine effektiveren Maßnahmen zur Kontrolle, ob der einzelne Landwirt sämtlichen auf den stillgelegten Flächen angebauten Raps als Non-food-Raps abliefert, so kann nicht sichergestellt werden, daß die über die regionalen Mindesterträge hinausgehenden Erntemengen des Non-food-Rapses nicht teilweise in den Nahrungsmittelbereich fließen. Der Landwirt könnte auf diese Weise den auf den stillgelegten Flächen erzielbaren niedrigen Deckungsbeitrag erhöhen. Entsprechend würde sich der Anbau von Non-food-Raps für eine größere Zahl von Betrieben lohnen, als dies bei einer ordnungsgemäßen Verwendung des Non-food-Rapses der Fall ist. Die Zusammenhänge machen deutlich, daß eine wirksame Kontrolle der ordnungsgemäßen Ablieferung ein wichtiger Bestandteil zur Durchsetzung des gegenwärtigen Marktordnungssystems ist. Die Effekte einer unwirksamen Kontrolle bestehen darin, daß die Möglichkeit zur Erhöhung der Gewinne aus dem Anbau von Non-food-Raps besteht und damit eine Ausdehnung der Anbaumenge über das bei Einhaltung der bestehenden Bedingungen als wirtschaftlich abgeleitete Ausmaß hinaus erfolgen könnte.

Neben der ordnungsgemäßen Ablieferung des Non-food-Rapses muß auch die ordnungsgemäße Verwendung des aus dem Non-food-Raps erzeugten Rapsöls kontrolliert werden. Diese Kontrolle wird dadurch erschwert, daß die Verarbeiter der Rapssaat das sogenannte Äquivalenzprinzip anwenden können. Danach muß nicht der gelieferte Non-food-Raps selbst verarbeitet werden, sondern es ist ausreichend,

[192] Vgl. Hagedorn (1991), S. 524.

eine Rapsmenge in gleichem Umfang für die Herstellung von Non-food-Produkten zu verwenden[193]. Diese Regelung schafft den Herstellern zwar erhebliche zusätzliche Flexibilität, erschwert aber auf der anderen Seite die Kontrolle der ordnungsgemäßen Verwendung des aus Non-food-Raps erzeugten Rapsöls. Auch wenn das gegenwärtige Kontrollsystem sich als prinzipiell wirksames Verfahren zur Gewährleistung einer ordnungsgemäßen Verwendung des aus Non-food-Raps erzeugten Rapsöls darstellt, würde der Kontrollmechanismus deutlich verbessert werden, wenn analog zur Unterscheidung von Dieselöl für Heizzwecke und Fahrzeugsantriebszwecke eine Markierung des Rapsöls für den Nichtnahrungsmittelbereich erfolgen würde. Auf diese Weise könnte Rapsöl für Nahrungsmittelzwecke und Rapsöl für Non-food-Verwendungen nicht nur buchungstechnisch, sondern auch physisch unterschieden werden. Eine solche Markierung ist problemlos möglich; verschiedene Verfahren der Markierung sind bereits erprobt[194].

Als Fazit bleibt festzuhalten, daß sich die Spaltung des Rapsmarktes in zwei voneinander unabhängige Teilmärkte nur aufgrund umfangreicher staatlicher Regulierungen und Kontrollen dauerhaft durchsetzten läßt. Bei einer solchen Marktspaltung muß insbesondere darauf geachtet werden, daß das System keine Anreize setzt, die geltenden Regelungen zu umgehen. Daher sind umfangreiche Kontrollen der ordnungsgemäßen Verwendung des Non-food-Rapses sowie des daraus erzeugten Rapsöls unumgänglich. Wegen dieser Kontrollen ist das gesamte mit dem Anbau von Non-food-Raps verbundene Verwaltungsverfahren für den Landwirt und den Abnehmer sehr kompliziert, so daß abgesehen von der in vielen Betrieben nicht gegebenen Rentabilität die komplizierten Verwaltungsvorschriften den Anbau von Non-food-Raps behindern[195]. Die Kontrollen verursachen zwangsläufig nicht unerhebliche Kosten für den Staat, die letztlich ebenfalls der Verwendung von Rapsöl als Treibstoff zuzurechnen sind. Daher sind die Kontrollkosten zur Durchsetzung der Spaltung des Rapsölmarktes ebenfalls als volkswirtschaftliche Kosten einer Verwendung von Rapsöl als Treibstoff anzusetzen.

---

[193] Vgl. Uhlmann (1996), S. 21.
[194] Vgl. Bundesanstalt für Getreide-, Kartoffel- und Fettforschung (1996).
[195] Vgl. Landwirtschaftskammer Westfalen-Lippe (1993), S. 16.

5.5.4 Auswirkungen einer Umsetzung der Agenda 2000 auf den Anbau von Non-food-Raps

Mit Hilfe der Ergebnisse der in Kapitel 5.5.1 vorgenommenen Wirkungsanalyse können nun die voraussichtlichen Auswirkungen der im Rahmen der Agenda 2000 geplanten Änderungen der Marktordnung für Ölsaaten auf den Anbau von Non-food-Raps abgeschätzt werden. Im Rahmen der Agenda 2000 ist vorgesehen, die Flächenprämien für Ölsaaten an eine einheitliche Zahlung für alle Ackerfrüchte anzupassen, was zu einer Kürzung der Hektarbeihilfe für Ölsaaten um durchschnittlich 36 % führen würde[196]. Dadurch käme es zu einer drastischen Verschlechterung der relativen Wettbewerbsposition des Anbaus von Nahrungsmittelraps im Vergleich zum Anbau von Getreide. Für sich genommen würde sich diese Kürzung der Flächenprämie für den Anbau von Nahrungsmittelraps auf Basisflächen positiv auf den Anbau von Non-food-Raps auswirken. Durch die drastische Verschlechterung der Wettbewerbsposition des Nahrungsmittelrapses würde dessen Erzeugung zugunsten des Anbaus von Getreide eingeschränkt werden und der Anteil von Raps in der Fruchtfolge auch an den Standorten mit hohem Rapsanteil zurückgehen. Entsprechend würde die Fruchtfolgegrenze an diesen Standorten nicht mehr limitierend für den Anbau von Non-food-Raps wirken. Daher wäre von dieser Regelung tendenziell eine Ausweitung des Anbaus von Non-food-Raps zu erwarten.

Dennoch wird die Umsetzung der Agenda 2000 nicht zu einer Ausweitung des Anbaus von Non-food-Raps führen, da vorgesehen ist, gleichzeitig mit der Absenkung der Flächenprämie für den Anbau von Raps auf Basisflächen den Regelsatz der obligatorischen Flächenstillegung auf Null zu reduzieren. Da, wie gezeigt, Non-food-Raps nur auf stillgelegten Flächen angebaut wird, hat diese Reduzierung des Flächenstillegungssatzes auf Null ceteris paribus zur Folge, daß der Anbau von Non-food-Raps eingestellt wird. Dieser Effekt kann auch durch den positiven Effekt der Absenkung der Flächenprämie für den Anbau von Raps auf Basisflächen nicht aufgehoben werden, da der negative Effekt der Reduzierung des Flächenstillegungs-

---

[196] Vgl. Kapitel 3.2.

satzes auf Null den positiven Effekt der Absenkung der Flächenprämie für den Anbau von Nahrungsmittelraps auf Basisflächen deutlich dominiert. Daher dürfte die Umsetzung der Agenda 2000 in ihrer zur Zeit vorgesehenen Form zu einer Einstellung des Anbaus von Non-food-Raps führen.

5.6 Prognose der Entwicklung des Preises für Ölsaaten

5.6.1 Entwicklung des Weltmarktpreises für Ölsaaten

Die Märkte für Ölsaaten und Eiweißfuttermittel sind internationale Märkte. Da seit der Reform der EU-Marktordnung für Ölsaaten keine handelspolitischen Beschränkungen für den Handel mit Ölsaaten und Eiweißfuttermitteln mehr bestehen, übertragen sich die Preisentwicklungen auf den Weltmärkten für Ölsaaten und Eiweißfuttermittel direkt auf die Erzeugerpreise für Rapssaaten auf den europäischen Märkten. Daher muß eine Analyse der Preisentwicklung für Ölsaaten an der Struktur und Entwicklung der Weltmärkte für Ölsaaten und Eiweißfuttermittel ansetzen.

Der Weltmarkt für Ölsaaten wird mengenmäßig durch die Sojabohne bestimmt, da Sojabohnen fast 50 % der Weltölsaatenproduktion und etwa drei Viertel des Weltölsaatenhandels ausmachen. Die USA sind mit einem Anteil von 48 % an der gesamten Sojabohnenproduktion der wichtigste Hersteller von Sojabohnen. Weitere wichtige Produzenten sind Brasilien mit einem Anteil von 18 % sowie Argentinien und China mit einem Anteil von jeweils 10 %. Bei den Importen von Sojabohnen und Sojaschrot hat die EU mit einem Anteil von etwa 50 % an den gesamten Weltsojaimporten eine dominierende Stellung[197].

Raps hat an der gesamten Weltölsaatenproduktion einen Anteil von etwa 10 % und ist die zweitwichtigste Ölsaatenfrucht, die auf den internationalen Märkten gehandelt wird. 28 % der Weltproduktion an Rapsaaten erfolgt innerhalb der EU. Wichtigster

---

[197] Vgl. OECD (1994), S. 12 f.

Exporteur von Rapssaaten ist Kanada mit einem Anteil von 70 % aller Exporte, wobei fast alle diese Exporte nach Japan gehen[198].

Aufgrund der dominierenden Stellung der Sojabohne auf den internationalen Ölsaatenmärkten und des hohen Grades der Austauschbarkeit sowohl zwischen den verschiedenen Pflanzenölen als auch zwischen den verschiedenen Schroten, haben Preisbewegungen des internationalen Sojabohnenmarktes dominierenden Einfluß auf die Preisentwicklung der internationalen Ölsaatenmärkte. Die Preise für Ölsaaten hängen primär von den Angebots- und Nachfragemengen auf den Weltmärkten ab, werden aber auch von anderen Faktoren, wie z.B. handelspolitischen Maßnahmen seitens wichtiger Anbieter- bzw. Nachfragerländer, beeinflußt. Die Angebotsbedingungen werden in erster Linie durch die Höhe der Ernten und Ernteerwartungen für Ölsaaten und insbesondere für Sojabohnen bestimmt. Die Nachfrage nach Ölsaaten bestimmt sich aus der Nachfrage für die beiden Endprodukte Planzenöl und Schrot. Aufgrund der Tatsache, daß Ölsaaten die beiden Endprodukte Öl und Schrot liefern, herrscht eine enge Beziehung zwischen den Märkten für pflanzliche Öle und Schrote. So löst ein schwaches Angebot oder eine starke Nachfrage für das eine Endprodukt oftmals ein Überschußangebot und damit einen Preisverfall bei dem anderen Endprodukt aus[199].

Bei der Prognose der Preisentwicklung für Ölsaaten ist zwischen einer Analyse der langfristigen trendmäßigen Preisentwicklung und der Prognose kurzfristiger Preisentwicklungen zu unterscheiden. In der Vergangenheit gab es sowohl bei Ölsaaten als auch bei pflanzlichen Ölen und Eiweißfuttermitteln kurzfristig erhebliche Preisschwankungen, während die Preise mittelfristig auf einem annähernd konstanten Niveau verharrten; vgl. Anhang 8. Die kurzfristigen Preisschwankungen resultieren aus vorübergehenden Störungen der Märkte, wie z.B. witterungsbedingt schlechten Ernten. Solche kurzfristigen Einflüsse sind i.d.R. bestenfalls für das laufende Wirtschaftsjahr zu prognostizieren. Dementsprechend ist es nicht möglich, die resultierenden kurzfristigen Preisentwicklungen über einen längeren Zeitraum zu prognostizieren. Anders sieht es mit dem mittelfristigen Preistrend für Ölsaaten aus.

---

[198] Vgl. OECD (1994), S. 13.
[199] Vgl. OECD (1994), S. 21.

Dieser hängt in erster Linie von längerfristig anhaltenden Faktoren ab. Die wichtigsten Einflußgrößen des Verbrauchs an pflanzlichen Ölen sind der Bevölkerungsumfang und das Einkommen, wobei die Nachfrage nach pflanzlichen Ölen in der Vergangenheit wesentlich stärker angestiegen ist als die Bevölkerung. Dies hängt mit der engen Koppelung des Verbrauchs von pflanzlichen Ölen an das verfügbare Einkommen zusammen. Aus den Daten der Vergangenheit läßt sich ableiten, daß der Ölverbrauch bei steigendem Einkommen zunächst überproportional ansteigt, um dann bei sehr hohem Einkommen zu stagnieren[200]. Ein ähnlicher Zusammenhang läßt sich zwischen der Einkommensentwicklung und der Nachfrage nach Ölschroten feststellen. Mit steigendem Einkommen nimmt der Fleischverbrauch stark zu. Der daraus resultierende Anstieg der Tierproduktion führt zu einem entsprechend starken Anstieg der Nachfrage nach Ölschroten[201]. Vor diesem Hintergrund ist zu erwarten, daß insbesondere in den asiatischen Ländern die Nachfrage nach Ölsaaten erheblich steigen wird, während die Nachfrage in den Industriestaaten allenfalls langsam anwachsen dürfte[202]. Insgesamt ist daher davon auszugehen, daß es in der Zukunft zu einem weiteren Anstieg der Nachfrage nach pflanzlichen Ölen und Schroten kommen wird, wobei die Nachfrage aber nicht mehr so stark expandieren wird wie in den vergangenen Jahren[203].

Es ist zu erwarten, daß dieser Nachfrageanstieg durch entsprechende Angebotsausweitungen begleitet wird. Zum einen wird die Produktion in den in der Vergangenheit wichtigsten Herstellerländern von Ölschroten weiter moderat ansteigen und zum anderen werden insbesondere die südlichen und südostasiatischen Länder aber auch Länder wie Chile, Kolumbien und Uruguay ihre Ölsaatenproduktion deutlich ausweiten[204]. Da sich Angebot und Nachfrage nach Ölsaaten in Zukunft längerfristig parallel entwickeln werden, sind - abgesehen von kurzfristigen Preisschwankungen - deutliche Änderungen der Preise für Ölsaaten wenig wahrscheinlich. Wenn überhaupt, sind lediglich moderate Veränderungen des Preisniveaus für Ölsaaten zu erwarten[205].

---

[200] Vgl. Bickert (1995), S. 53.
[201] Vgl. von Lampe (1997), S. 12.
[202] Vgl. Bickert (1995), S. 53; von Lampe (1997), S. 12.
[203] Vgl. OECD (1994), S. 55 ff.
[204] Vgl. Bickert (1995), S. 54; von Lampe (1997), S. 11.
[205] Vgl. Bickert, (1995), S. 55; von Lampe (1997), S. 14 f.; OECD (1998), S. 30 f.

5.6.2 Entwicklung des Preises von Non-food-Raps

Der Preis von Non-food-Raps ist unter dem gegebenen Marktordnungsregime der EU vom Weltmarktpreis für Ölsaaten abgekoppelt und liegt deutlich unter dem Weltmarktpreis für Rapssaaten. Der Preis für Non-food-Rapssaaten bestimmt sich aus dem Preis von reinem Rapsöltreibstoff bzw. RME an der Tankstelle im Vergleich zu Dieselkraftstoff. Damit die Rapsöltreibstoffe mit mineralischem Dieselkraftstoff konkurrieren können, darf ihr um eventuelle Umrüstungskosten bzw. eventuelle Mehrverbräuche bereinigter Preis nicht höher als der Tankstellenpreis von mineralischem Dieselkraftstoff sein. Damit definiert sich der maximal erzielbare Preis für reinen Rapsöltreibstoff bzw. RME über den Tankstellenpreis von Dieselkraftstoff. Zieht man von diesem maximal erzielbaren Preis sämtliche Kosten für Transport, Verarbeitung, Umesterung und Vertrieb der Rapssaat bzw. des Rapsöls ab, ergibt sich der Preis, den die Ölmühlen den Landwirten für Non-food-Raps zahlen können. Damit hängt der Preis für Non-food-Raps in erster Linie von zwei Faktoren ab. Zum einen von den Kosten für Transport, Verarbeitung, Umesterung und Vertrieb der Rapssaaten bzw. des Rapsöls und zum anderen vom Preis für mineralischen Dieselkraftstoff. Die Determinanten für die einzelnen Kosten und für die Höhe des Tankstellenpreises für Dieselkraftstoff wurden bereits analysiert. Hierfür wird auf die entsprechenden Kapitel verwiesen. Dabei besteht folgender genereller Zusammenhang: Jeder dauerhafte Anstieg der Verarbeitungskosten der Rapssaaten bzw. jedes dauerhafte Absinken des Tankstellenpreises für Dieselkraftstoff führt ceteris paribus tendenziell zu einem Absinken des Preises für Non-food-Rapssaaten. Jedes dauerhafte Absinken der Verarbeitungskosten der Rapssaaten bzw. jeder dauerhafte Anstieg des Tankstellenpreises für Dieselkraftstoff schafft Spielraum für höhere Preise bei Non-food-Raps.

Eine genaue Prognose für die Entwicklung des Preises von Non-food-Raps erweist sich als schwierig, da die Entwicklung einzelner, den Preis bestimmender Determinanten zur Zeit nicht abzusehen ist. Dieses betrifft insbesondere die Entwicklung des Preises für Dieselkraftstoff. Zwar lassen sich aufgrund der gegenwärtigen Marktlage auf den Rohölmärkten Tendenzaussagen über die Entwicklung des abgabenfreien

Dieselpreises machen, nicht eindeutig vorhersehbar ist hingegen die Entwicklung der Besteuerung von Dieselkraftstoff. Dies gilt sowohl für die Höhe der Mineralölsteuer, als auch für die Einführung einer Energie- bzw. CO_2-Steuer. Sollte die Mineralölsteuer erhöht bzw. eine Energie- oder CO_2-Steuer eingeführt werden, so ist zu erwarten, daß hiervon ein Impuls in Richtung auf höhere Preise für Non-food-Raps ausgeht. Ein entgegengesetzter Effekt würde durch eine Ausdehnung der Produktionsmengen von RME bzw. reinem Rapsöltreibstoff entstehen, da bei einer solchen Ausdehnung ein Preisverfall der beiden Nebenprodukte Rapsschrot und Glycerin zu erwarten ist. Dadurch würde eine Ausdehnung der produzierten Mengen an Rapsöltreibstoff unter den gegebenen Rahmenbedingungen zu einem Absinken der Marktpreise für Non-food-Raps führen.

5.7 Volkswirtschaftliche Gesamtbewertung der Nutzung von Rapsöl als Treibstoff

Als Fazit der durchgeführten Einzelanalysen soll in diesem Abschnitt eine zusammenfassende Gesamtbewertung der Verwendung von Rapsöl aus volkswirtschaftlicher Sicht vorgenommen werden. Damit die Verwendung von Rapsöl aus volkswirtschaftlicher Sicht begründet werden kann, müssen die dadurch insgesamt erreichbaren Nutzen die aufzuwendenden Kosten, und zwar sämtliche gesellschaftliche Kosten aller Art, überwiegen. Nur auf der Grundlage einer umfassenden ökonomischen Analyse sämtlicher Nutzen und Kosten kann die Verwendung von Rapsöl als Treibstoff aus volkswirtschaftlicher Sicht begründet oder verworfen werden. Beurteilungen aufgrund der isolierten Betrachtung einzelner Aspekte müssen als voreilig gelten. Bei der folgenden Gesamtbewertung bleiben umwelt- und energiepolitische Effekte weiterhin ausgeklammert. Aufgrund der besonderen Probleme der nichtmarktlichen Bewertung dieser Effekte bietet es sich an, diese in einer gesonderten Analyse zu erfassen und getrennt auszuweisen.

Es wurde gezeigt, daß das Wettbewerbsdefizit der Rapsöltreibstoffe gegenüber fossilem Dieselkraftstoff erheblich ist und sich bei einer deutlichen Ausweitung der

Produktionsmenge noch vergrößern würde. Das Wettbewerbsdefizit beruht nicht darauf, daß sich die Verwendung von Rapsöl als Treibstoff noch in der Markteinführungsphase befindet, sondern ist struktureller Natur und wird dauerhaft erhalten bleiben. Daher ist auf lange Sicht eine umfangreiche staatliche Förderung notwendig, um die Absatzfähigkeit der Rapsöltreibstoffe sicherzustellen. Diese hohen Subventionen wären aus volkswirtschaftlicher Sicht nur dann zu rechtfertigen, wenn diesen Kosten entsprechend hohe volkswirtschaftliche Nutzen gegenüberstehen. Wie die vorangegangenen Analysen gezeigt haben, ist dies nicht der Fall. Positive Auswirkungen auf zentrale volkswirtschaftliche Größen wie Sozialprodukt, Beschäftigung oder gesamtwirtschaftliche Wohlfahrt sind wenig wahrscheinlich. Auch im Hinblick auf die Einkommenssicherung für die Landwirtschaft ist die Verwendung von Rapsöl als Treibstoff im Vergleich zu anderen Maßnahmen wenig sinnvoll. Der größte Teil der Mittel fließt in andere Richtungen und die verbleibenden Vorteile werden mit hohen Kosten erkauft. Darüber hinaus wurden in der Analyse weitere volkswirtschaftliche Nachteile der Förderung von Rapsöltreibstoffen, wie z.B. Nachteile für die internationalen Wirtschaftsbeziehungen oder für pflanzenölexportierende Entwicklungsländer, aufgezeigt.

Insgesamt muß man somit zu dem Ergebnis kommen, daß die Förderung der Verwendung von Rapsöl als Treibstoff aus volkswirtschaftlicher Sicht nicht befürwortet werden kann, wobei allerdings die umwelt- und energiepolitischen Konsequenzen noch ausgeklammert bleiben. Im folgenden soll nun analysiert werden, ob man bei Berücksichtigung der umwelt- und energiepolitischen Aspekte zu einem veränderten Ergebnis kommt und wie sich die ökonomische Gesamtbilanz der Maßnahmen unter Einbeziehung dieser Effekte darstellt.

6. Energie- und umweltpolitische Aspekte der Nutzung von Rapsöl als Treibstoff

Im sechsten Teil dieses Gutachtens sollen die bisher ausgeklammerten umwelt- und energiepolitischen Aspekte der Nutzung von Rapsöl als Treibstoff in die Analyse mit einbezogen werden. Dazu wird zunächst analysiert, inwieweit die Verwendung von Rapsöl als Treibstoff dazu beitragen kann, die fossilen Energiereserven zu schonen und die Abhängigkeit der Bundesrepublik Deutschland von Energieimporten zu reduzieren. In einem weiteren Schritt wird dann erörtert, inwieweit die Verwendung von RME als Maßnahme zur Reduktion der CO_2-Emissionen geeignet ist. Hierbei geht es insbesondere darum, die Verwendung von Rapsöl unter Effizienzgesichtspunkten mit alternativen CO_2-Minderungsmaßnahmen zu vergleichen. Abschließend wird analysiert, ob es sinnvoll sein kann, Rapsöltreibstoffe in ökologisch besonders sensiblen Bereichen, z.B. in Wasserschutzgebieten, zu verwenden.

6.1 Ressourcenökonomische Überlegungen zum Einsatz von Rapsöl als Treibstoff

Die Verwendung von Rapsöl als Treibstoff wird u.a. mit energiepolitischen bzw. ressourcenpolitischen Überlegungen begründet. Danach soll der Einsatz von Rapsöl dazu beitragen, die fossilen Energiereserven zu schonen und die Abhängigkeit der Bundesrepublik Deutschland von Energieimporten zu reduzieren. Für eine Analyse dieser Argumentation ist zunächst eine Energiebilanz zu erstellen, d.h. es ist ein mengenmäßiger Vergleich von Energieeinsatz und Energieausstoß bei Verwendung von Rapsöl als Treibstoff vorzunehmen. Derartige Energiebilanzen wurden von mehreren Autoren erstellt[206]. Die erstellten Energiebilanzen sind allerdings mit äußerster Vorsicht zu behandeln. Sie tendieren auch in ihren ausgebauten Formen zu einer Überschätzung der Nettoerträge der betrachteten Energieverfahren, da sie

[206] Vgl. z.B. Reinhardt (1993).

den Energieoutputs in der Regel nicht alle Energieinputs gegenüberstellen. Während einfache Energiebilanzen lediglich die direkten Energieinputs, d.h. die in der Produktion des Energieträgers direkt eingesetzten Energien wie Treibstoff oder elektrischen Strom erfassen, beziehen ausgebaute Energiebilanzen zwar zusätzlich auch indirekte Energieinputs ein, d.h. im Fall der Rapsöltreibstoffe beispielsweise die in der Produktion von Dünge- und Pflanzenschutzmitteln eingesetzten Energiemengen. Auch diese Berechnungen sind jedoch noch nicht vollständig, da sie nur einen Teil der indirekten Inputs erfassen und die entgangenen Energieerträge infolge des Einsatzes der nicht aus dem Energiebereich stammenden Faktoren unberücksichtigt lassen[207]. Eine vollständige Energiebilanz muß die folgenden drei Inputkategorien umfassen[208]:

- den direkten Energieverbrauch, d.h. die in der Produktion des Energieträgers direkt eingesetzten Energien wie Treibstoff, elektrischen Strom usw.;
- den gesamten indirekten Energieverbrauch auf sämtlichen Produktionsstufen, d.h. den Energiegehalt der in dem betrachteten Energieverfahren eingesetzten Produktionsfaktoren wie Maschinen, Düngemittel usw. zuzüglich der in sämtlichen vorgelagerten Produktionsstufen zur Produktion der Inputs eingesetzten Energiemengen;
- die Energie-Opportunitätskosten, d.h. die entgangenen Energieoutputs einer alternativen Verwendung der in diesem Verfahren eingesetzten Faktoren. Wird beispielsweise ein bestimmter Arbeitseinsatz in ein Energieverfahren gesteckt, so steht diese Arbeitsmenge für andere Produktionen einschließlich anderer Energieproduktionen nicht mehr zur Verfügung. Diese anderen Produktionen müssen teilweise entweder Arbeit durch Energie substituieren oder können weniger Energie erzeugen, so daß die Verwendung der Arbeit in dem betrachteten Verfahren zu höherem Energieverbrauch bzw. zu geringerem Energieausstoß in anderen Bereichen führt. Diese Energie-Opportunitätskosten des Arbeitseinsatzes müssen einbezogen werden, wenn der Energieertrag des betrachteten Verfahrens nicht überschätzt werden soll.

---

[207] Vgl. Folkers (1992), S. 155 f.
[208] Vgl. Baumol, Wolff (1981), S. 894 ff.

Berechnungen der durchschnittlich zu erwartenden Fehler bei unvollständigen Energiebilanzen belegen nachdrücklich, daß es sich dabei nicht um vernachlässigbare Größen handelt. Einfache Kalkulationen von Baumol und Wolff[209] auf der Grundlage verfügbarer Input-Output-Daten führen zu dem Ergebnis, daß Energiebilanzen, die nur die direkten Energieinputs berücksichtigen, im Durchschnitt 64 % der gesamten Energiekosten vernachlässigen. Werden zusätzlich die indirekten Inputs der ersten Produktionsstufe einbezogen, so ergibt sich immer noch ein durchschnittlicher Fehler von 34 %. Ausgebaute Berechnungen, die auch die zweite Produktionsstufe berücksichtigen, kommen noch auf einen Fehler von 28 %. Verfahren, die bei dieser Berechnungsmethode beispielsweise zu einem positiven Energieertrag von 20 % führen würden, sind damit in Wirklichkeit Netto-Energieverschwender.

Diese Fehlerberechnungen lassen jedoch die Energie-Opportunitätskosten außerhalb der Betrachtung. Auch Untersuchungen, die sämtliche Energieinputs aller Produktionsstufen einbeziehen, d.h. im obigen Sinn keine Fehler aufweisen, überschätzen aus volkswirtschaftlicher Sicht den Energieertrag in entscheidender Weise, da sie die Opportunitätskosten der nicht aus dem Energiebereich kommenden, direkt und indirekt zur Produktion der Energie verwendeten Inputs nicht berücksichtigen. Bleiben diese Opportunitätskosten unberücksichtigt, so ergibt die Energiebilanz nicht nur einen fehlerhaften Wert, sondern es bleibt auch ein entscheidender Punkt unberücksichtigt, der wesentliche Bedeutung für die Beurteilung der zur Debatte stehenden Frage hat. Bevor auf die Implikationen eingegangen wird, sei erwähnt, daß es zwei Opportunitätskostenkonzepte gibt[210]. Das erste bezieht sich auf die tatsächlich verdrängten Alternativen durch den Einsatz zusätzlicher Faktoren in dem betrachteten Energieverfahren, das zweite bestimmt sich durch die potentiellen Energieerträge bei bestmöglicher energetischer Verwendung der Faktoren. In welcher Form die Opportunitätskosten definiert werden, hängt von der jeweiligen Fragestellung ab. Keinesfalls können sie jedoch völlig außer acht gelassen werden.

---

[209] Vgl. Baumol, Wolff (1981), S. 896.
[210] Vgl. Baumol, Wolff (1981), S. 905.

Die Einbeziehung der Energie-Opportunitätskosten führt zu einer bemerkenswerten Konsequenz für die betrachtete Frage nach der Förderung des Einsatzes von Rapsöl als Treibstoff, die in der politischen Debatte bisher nicht beachtet worden ist. Schon bei traditionellen Berechnungen unter Einschluß von direkten und indirekten Energieinputs der ersten Produktionsstufe ergibt sich eine relativ ungünstige Energiebilanz für reinen Rapsöltreibstoff. So ermittelt Reinhardt (1993) ohne Berücksichtigung der Nebenprodukte ein Input-Output-Verhältnis in Höhe von 1:1,61. Unter Berücksichtigung von Rapsschrot in seiner derzeitigen Verwendung ergibt sich ein Wert von 1:2,05[211]. Bei RME fällt die Energiebilanz noch ungünstiger aus als bei reinem Rapsöltreibstoff, da die Umesterung zusätzlich mit nicht unerheblichem Energieaufwand verbunden ist. Ohne Berücksichtigung der Nebenprodukte berechnet Reinhardt für RME ein Input-Output-Verhältnis in Höhe von 1:1,17. Dieser Wert verbessert sich bei Einbeziehung der Nebenprodukte Rapsschrot und Glycerin in ihren derzeitigen Verwendungen auf 1:1,78[212]. Im Vergleich zu Rapsöl bzw. RME ergeben andere Verfahren der Energiegewinnung, beispielsweise die technische Nutzung der Sonnenenergie über photovoltaische Anlagen, deutlich bessere Energiebilanzen.

Natürlich ist es aus energiepolitischen Gründen nicht zwingend, stets das Verfahren mit der relativ höchsten energetischen Effizienz zu wählen. Gründe für eine andere Entscheidung können beispielsweise in der Schonung nicht regenerierbarer Energieressourcen oder in einer größeren Unabhängigkeit von unsicheren Rohölimporten liegen. Derartige Zielvorstellungen werden gelegentlich als Begründungen für eine Subventionierung des Einsatzes von Rapsöl als Treibstoff angeführt. Wie Baumol und Wolff jedoch gezeigt haben, sind die zugrundeliegenden Argumente für Subventionen unzutreffend[213]. Danach ist jedes Verfahren zur Energieerzeugung, das wirtschaftliche Nettoverluste erzeugt und erst durch Subventionen bzw. Steuervergünstigungen in die Gewinnzone gebracht werden kann, bei Berücksichtigung der Energie-Opportunitätskosten allein aufgrund der

---

[211] Vgl. Reinhardt (1993), S. 158.
[212] Vgl. Reinhardt (1993), S. 158.
[213] Vgl. Baumol, Wolff (1981), S. 902 f.

fehlenden Profitabilität ein mengenmäßiger Energieverschwender. Subventionen werden von Ökonomen - anders als von Politikern - seit langem als Quellen der Ineffizienz und als Ursachen volkswirtschaftlicher Schäden bezeichnet. In diesem Fall sind die Konsequenzen noch gravierender als in vielen anderen Fällen. Hier resultieren nicht nur Nutzenverluste aufgrund verzerrter Allokationsstrukturen bei gegebener Ressourcenausstattung, sondern es treten mengenmäßige Energieverluste auf.

Bei einem Energieverfahren, das nur im Fall der Subventionierung realisiert wird, ergibt sich demnach nicht nur eine relativ ungünstige, sondern eine negative Energiebilanz. Der Grund besteht darin, daß durch Subventionierungen Ressourcen aus profitableren Verwendungen abgezogen werden, in denen sie höhere Energieerträge erwirtschaftet hätten. Durch die Subventionierung wird verhindert, daß die effizientesten Energiegewinnungsverfahren sich durchsetzen. Die marginale Profitabilität eines Energieverfahrens ohne Subventionen ist ein Indikator für die marginalen Energie-Opportunitätskosten. Es ist nicht entscheidend, daß ein Energieverfahren ohne Berücksichtigung der Opportunitätskosten einen positiven Energieertrag leisten kann. Wird es so weit ausgedehnt, daß es ohne Subventionierung zu wirtschaftlichen Verlusten führt, so werden damit höhere Energiegewinnungsmöglichkeiten in alternativen Verfahren verdrängt, d.h. es werden die potentiellen Energiemengen der Volkswirtschaft reduziert. In diesem Fall sind die marginalen Energie-Opportunitätskosten höher als die marginalen Energiegewinne und der marginale Netto-Energieertrag ist negativ. Die Subventionierung des teuersten Energiesystems führt zu mengenmäßigen Energieverlusten und kann energiepolitisch daher nicht gerechtfertigt werden. Es kommt nicht zur Schonung, sondern zur Verschwendung nicht regenerierbarer Energieressourcen, und die Abhängigkeit von Energieimporten wird nicht geringer, sondern größer. Den hohen volkswirtschaftlichen Kosten der Subventionierung stehen somit energiepolitisch nicht nur - wie häufig vermutet - relativ geringe Nutzen gegenüber, sondern weitere Kosten.

6.2 Die Verwendung von Rapsöltreibstoffen als CO_2-Minderungsmaßnahme

6.2.1 Zur Notwendigkeit einer Berücksichtigung externer Effekte

Trotz der ungünstigen Energiebilanz und der hohen Kosten wird die Verwendung von Rapsöl als Treibstoff vor allem mit dem Argument befürwortet, daß dadurch die negativen externen Effekte der Verwendung von mineralischem Dieselkraftstoff erheblich vermindert werden könnten. Eine exakte Bewertung der externen Effekte, d.h. vor allem der verminderten Umweltschäden, ist allerdings kaum möglich. Aus dieser Feststellung wird nicht selten der Schluß gezogen, daß ökonomische Kriterien für die Beurteilung der Umwelteffekte nicht anwendbar seien. Daher seien Verminderungen von Umweltschäden weitgehend unabhängig von den Kosten erstrebenswert. Diese Sichtweise verkennt die grundlegenden Zusammenhänge zwischen Ökonomie und Ökologie. Sie ist geeignet, falsche Entscheidungen - auch und gerade in umweltpolitischer Hinsicht - zu provozieren. Negative externe Effekte sind volkswirtschaftliche Kosten wie andere Kostenkategorien auch. Der Unterschied zu den für private Entscheidungen relevanten Kosten besteht darin, daß diese Kosten nicht marktmäßig bewertet werden und somit bei individuellen Entscheidungen unberücksichtigt bleiben. Dadurch werden privat oder betriebswirtschaftlich richtige zu volkswirtschaftlich falschen Entscheidungen und es ergibt sich die Notwendigkeit, diese externen Kosten zu internalisieren, d.h. für private Entscheidungen relevant werden zu lassen. Die ohne Berücksichtigung der externen Kosten über das optimale Niveau ausgedehnte Aktivität wird dadurch auf das volkswirtschaftlich richtige Ausmaß eingeschränkt[214].

Internalisierung kann auf verschiedenen Wegen bzw. mit unterschiedlichen Verfahren und damit zu divergierenden Kosten erfolgen. Dabei ist es volkswirtschaftlich sinnvoll, keine unnötig hohen Kosten zu verursachen, sondern gegebene Ziele auf dem kostengünstigsten Weg zu verfolgen. Für das Problem der Umweltschäden bedeutet dieser Grundsatz, daß bestimmte quantitativ vorgegebene Schadensminderungen mit den geringsten Kosten erreicht werden sollten. Werden für bestimmte Schadensreduktionen höhere Kosten als notwendig aufgewendet, so

---

[214] Vgl. Folkers (1992), S. 159 f.

stehen diese überhöhten Mittel nicht mehr für weitere Schadensminderungen zur Verfügung. Werden ineffiziente Vermeidungsstrategien gewählt, so entstehen zusätzliche Opportunitätskosten in Höhe der damit nicht mehr möglichen Schadensminderungen. Diese Opportunitätskosten müssen in einer ökonomischen Analyse berücksichtigt werden. Genauso wie bei einer ressourcenökonomischen Betrachtung die Opportunitätskosten entgangener Energieoutputs nicht vernachlässigt werden dürfen, dürfen bei einer umweltökonomischen Analyse die Opportunitätskosten entgangener Schadensminderungen nicht ausgeklammert werden. Damit wird deutlich, daß auch dann, wenn externe Effekte ökonomisch schwer bewertbar sind, die Anwendung ökonomischer Kriterien möglich und notwendig ist. Bewertungsprobleme bei externen Effekten stellen somit keine Argumente gegen die Verwendung ökonomischer Kriterien für die Beurteilung umweltpolitischer Verfahren dar[215].

6.2.2 Zum Problem der monetären Bewertung einer Einschränkung des Treibhauseffektes

Der wichtigste volkswirtschaftliche Nutzen einer Verwendung von Rapsöl als Treibstoff wird von seinen Befürwortern in der Möglichkeit der Verminderung der CO_2-Emissionen gesehen. Das bei der Verbrennung von Rapsöl im Motor freigesetzte CO_2 wurde zuvor durch die Rapspflanze der Atmosphäre entzogen, so daß durch die Verwendung von Rapsöl als Treibstoff grundsätzlich kein CO_2 in der Atmosphäre angereichert wird. Dadurch wird der Treibhauseffekt eingeschränkt. In gewissem Ausmaß wird jedoch CO_2 freigesetzt, weil für Anbau, Ernte, Transport und Verarbeitung Fremdenergien verwendet werden. Die CO_2-Emissionen werden somit nicht vollständig vermieden, wohl aber vermindert[216].

Will man im Rahmen einer Kosten-Nutzen-Analyse die Verwendung von Rapsöl als Treibstoff bewerten, so muß man zunächst die mit der Nutzung der Rapsöltreibstoffe

---

[215] Vgl. Folkers (1992), S. 160.
[216] Vgl. Reinhardt (1999), S. 21 ff.

verbundenen Kosten und Nutzen monetär bewerten. Die Höhe der Kosten wurde in den vorangegangenen Kapiteln ermittelt. Benötigt wird für die Analyse daher noch der Nutzen der Verminderung des Ausstoßes von CO_2 bzw. der Nutzen einer Abschwächung des Treibhauseffektes. Hierzu gibt es eine Reihe von Studien, die versuchen, diesen Nutzen monetär zu bewerten[217]. Dennoch darf man aus diesen Studien nicht den Schluß ziehen, daß das Problem der monetären Bewertung des Nutzens einer Verringerung des Treibhauseffektes auch nur ansatzweise gelöst ist. Dies hat verschiedene Gründe.

Zum einen steht man bei der monetären Bewertung externer Effekte vor einem grundsätzlichen Problem. Für externe Effekte liegen keine marktmäßigen monetären Bewertungen vor, und es sind grundsätzlich keine Märkte für diese Effekte vorhanden, so daß marktanaloge Wertgrößen geschätzt werden müssen. Eine solche Schätzung kann eine marktmäßige Bewertung aber nicht ersetzen und wird immer mit Unsicherheitsfaktoren und Fehlerquellen behaftet sein. Im Falle des Treibhauseffektes kommt hinzu, daß das Wissen über die zu erwartende Höhe des Treibhauseffektes und der daraus resultierenden Schäden trotz der umfangreichen Forschungsbemühungen immer noch vergleichsweise gering ist, so daß die Meinungen über die Höhe und Wirkungen des Treibhauseffektes weit auseinander gehen. Es gibt kein objektives Niveau, sondern die naturwissenschaftlichen Effekte sind von Klimamodellen abhängig, die zu abweichenden Ergebnissen führen können. D.h. hier liegen zwei Modellstufen vor. Zum ökonomischen Modell kommt das naturwissenschaftliche, so daß die Fehlerquellen sich u.U. kumulieren können. Die Folge ist eine besonders hohe Unsicherheit aller Aussagen. Bei allen Studien zur monetären Bewertung der Kosten des Treibhauseffektes müssen daher eine Reihe von Annahmen getroffen werden, die weder empirisch abgesichert sind, noch wenigstens als besonders plausibel gelten können. Die Ergebnisse der vorliegenden Studien sind daher nur von geringer Güte[218].

Darüber hinaus wird bei der monetären Bewertung des Nutzens aus einer Reduktion des Treibhauseffektes in der Regel nicht berücksichtigt, daß es sich dabei um

---

[217] Einen Überblick geben z.B. Mayerhofer, Friedrich (1996).
[218] Vgl., Mayerhofer, Friedrich (1996), S. 63 f.

subjektive Wertungen handelt. Im Gegensatz zu physikalischen Größen sind diese auch durch wissenschaftliche Verfahren nicht objektiv ermittelbar. In diesem Zusammenhang ist zu berücksichtigen, daß der Nutzen eines Individuums von einer Reihe von Faktoren abhängt. So ist der Nutzen aus der Reduktion eines externen Effektes z.B. abhängig vom Einkommen der Geschädigten, von den beim Emittenten eingesetzten Produktions- und Umweltschutztechniken sowie von den Anpassungsmaßnahmen, die von dem Geschädigten ergriffen werden[219].

Ein weiteres Problem bei der monetären Bewertung externer Effekte besteht darin, daß die in den Studien verwendeten Marktpreise nicht den tatsächlichen Knappheitsrelationen der betreffenden Ressourcen entsprechen und diese daher nur verzerrt wiedergeben. Dies ist darauf zurückzuführen, daß reale Volkswirtschaften in vielfacher Hinsicht nicht dem Idealbild einer Konkurrenzwirtschaft entsprechen, sondern durch eine Reihe von Ineffizienzen gekennzeichnet sind. Ein Beispiel dieses Problems bietet die monetäre Bewertung der durch den Treibhauseffekt verursachten Ernteschäden. Die Agrarpreise in den einzelnen Ländern spiegeln nicht die wahren Knappheitsrelationen wider, sondern sind durch Maßnahmen der Agrarpolitik verzerrt. Daher kann man bei der Bewertung von Ernteschäden nicht einfach die Marktpreise für die vernichteten Agrarprodukte ansetzen. Diese Preise spiegeln nicht den tatsächlichen volkswirtschaftlichen Verlust durch den Ernteausfall wider und können nicht ohne weiteres für eine monetäre Bewertung des Ernteausfalls herangezogen werden.

Die in den vorliegenden empirischen Studien ermittelten Kosten des Treibhauseffekts entsprechen daher nicht dem in der Ökonomie üblicherweise verwendeten Kostenbegriff. Kostenfunktionen stellen Zuordnungen alternativer Outputmengen zu den bei ihrer Produktion entstehenden minimalen Kosten dar. Entwickelt man aus der monetären Bewertung der durch den Treibhauseffekt verursachten Kosten eine Funktion, die den verschiedenen Emissionsniveaus an Treibhausgasen die dadurch verursachten externen Schäden zuordnet, so handelt es sich bei den berechneten Kosten nicht um die Minimalkosten. Die in die Schadensfunktion eingehenden Kostengrößen weichen vielmehr infolge der oben

[219] Vgl. Endres (1995), S. 307.

dargestellten sowie anderer Verzerrungen in nicht ohne weiteres erkennbarem Maße von den Minimalkosten ab. Insbesondere bei einer Kumulation von Verzerrungen kann man bisweilen nicht einmal die Richtung der Verzerrungswirkung angeben[220].

Insgesamt ist festzustellen, daß eine aus ökonomischer Sicht „richtige" Bewertung des Nutzens von CO_2-Minderungen kaum möglich ist. Die Ergebnisse der vorliegenden Studien sind nur von geringer Güte und können auch der Größenordnung nach falsch sein. Sie können daher als Basis für Entscheidungen nicht herangezogen werden, so daß ein direkter Vergleich der volkswirtschaftlichen Nutzen und Kosten einer Abschwächung des Treibhauseffektes kaum verläßlich vorgenommen werden kann. Derzeit müssen Entscheidungen über Maßnahmen zur Minderung von Treibhausgasen somit ohne Kenntnis der Höhe der Schadenskosten getroffen werden. Daraus wird häufig geschlossen, daß in Anbetracht der großen Gefahren, die durch die CO_2-Emissionen für das Klima hervorgerufen werden, grundsätzlich alle Maßnahmen zur Verminderung des Treibhauseffektes förderungswürdig sind. Dies ist jedoch ein Trugschluß. Wie oben verdeutlicht, kann es nur sinnvoll sein, Emissionsminderungen mit minimalen Kosten zu erreichen. Werden höhere Kosten als notwendig aufgewendet, stehen diese überhöhten Mittel nicht mehr für weitere Schadensminderungen zur Verfügung.

Da sich der Nutzen der Verminderung von CO_2-Emissionen nicht einmal ansatzweise monetär bewerten läßt, kann eine vollständige Kosten-Nutzen-Analyse nicht durchgeführt werden. Es bietet sich jedoch an, auf das in seinen Voraussetzungen weniger anspruchsvolle Instrument der Kosten-Wirksamkeits-Analyse (cost effectiveness analysis) zurückzugreifen. Bei der Kosten-Wirksamkeits-Analyse wird auf eine Bewertung des Nutzens der Reduktion externer Effekte verzichtet und stattdessen von fest vorgegebenen Zielen, in dem betrachteten Fall der Reduktion der Treibhausgase um bestimmte Werte, ausgegangen. Für diese Vorgaben wird untersucht, mit welchen volkswirtschaftlichen Kosten alternative Minderungsoptionen die gewünschten Effekte erreichen können und welche Optionen dies zu den geringsten Kosten ermöglichen. Damit wird zwar nicht die Frage beantwortet, ob die Maßnahmen eine positive Nutzen-Kosten-Differenz erbringen und damit grund-

[220] Vgl. Endres (1995), S. 308.

sätzlich vorteilhaft sind, es wird aber die Maßnahme mit dem geringsten Ressourcenverbrauch für die Erreichung eines als erwünscht angesehenen Ziels ermittelt. D.h. es wird für einen vorgegebenen Zielerreichungsgrad die Verschwendung von Mitteln verhindert, oder es wird ein gegebenes Mittelvolumen so eingesetzt, daß ein möglichst hoher Zielerreichungsgrad (beispielsweise eine möglichst hohe CO_2-Minderung) erreicht wird. Wenn das Ziel in wirksamen Begrenzungen der CO_2-Emissionen besteht, sind derartige Untersuchungen somit vertretbar. Im folgenden werden die entsprechenden Analysen durchgeführt.

6.2.3 Notwendigkeit einer volkswirtschaftlichen Betrachtung

Bei Betrachtung der vorliegenden Studien zur Quantifizierung der spezifischen CO_2-Minderungskosten einzelner Minderungsoptionen fällt auf, daß eine Reihe von Studien sich bei der Analyse auf die Betrachtung bestimmter Sektoren beschränkt. So werden beispielsweise die spezifischen CO_2-Minderungskosten der Verwendung von Rapsöltreibstoffen in der Ökobilanz Rapsöl des Umweltbundesamtes allein mit den Minderungskosten alternativer Maßnahmen im Straßenverkehr verglichen[221]. Eine derartige Vorgehensweise ist schon deshalb problematisch, weil es sich bei der Frage der Verminderung von CO_2-Emissionen um ein sektorübergreifendes Phänomen handelt, von dem fast die gesamte Volkswirtschaft betroffen ist. Aus Tabelle 17 wird deutlich, daß der Straßenverkehr mit einem Anteil von 17,6 % zwar einen nicht unerheblichen Anteil an den gesamten CO_2-Emissionen in Deutschland hat, aber auch andere Sektoren mit nicht unerheblichen Anteilen zu den CO_2-Emissionen beitragen.

Eine Beschränkung der Analyse der CO_2-Minderungskosten auf einzelne Sektoren ist unter Effizienzgesichtspunkten kritisch zu beurteilen, da nicht gewährleistet ist, daß die CO_2-Reduktion in den betrachteten Sektoren mit geringeren Kosten erfolgen kann als in anderen Bereichen. Dieser Zusammenhang soll anhand von Abbildung 6 genauer dargestellt werden.

---

[221] Vgl. Friedrich u.a. (1993), S. 127 ff.

Tabelle 17: CO_2-Emissionen in Deutschland nach Emittentengruppen 1994 (in %)

Industrieprozesse	2,8
Straßenverkehr	17,6
übriger Verkehr	2,3
Haushalte	13,2
Kleinverbraucher	7,2
Industriefeuerungen	17,9
Kraft- und Fernheizwerke	39,0

Quelle: Statistisches Bundesamt (1997), S. 725.

Im linken Teil der Graphik sind die Grenzkostenkurven einer CO_2-Reduktion für zwei mögliche Minderungsmaßnahmen des Verkehrssektors dargestellt, wobei davon ausgegangen wird, daß mit zunehmendem Einspareffekt die zur Erzielung dieses zusätzlichen Einspareffektes notwendigen Mehrkosten überproportional ansteigen[222], d.h. daß die erste und zweite Ableitung der Kostenfunktion (K) positiv ist. Es gilt:

$$K=K(R) \text{ mit } K' = K'(R) > 0 \text{ und } K'' = K''(R) > 0,$$

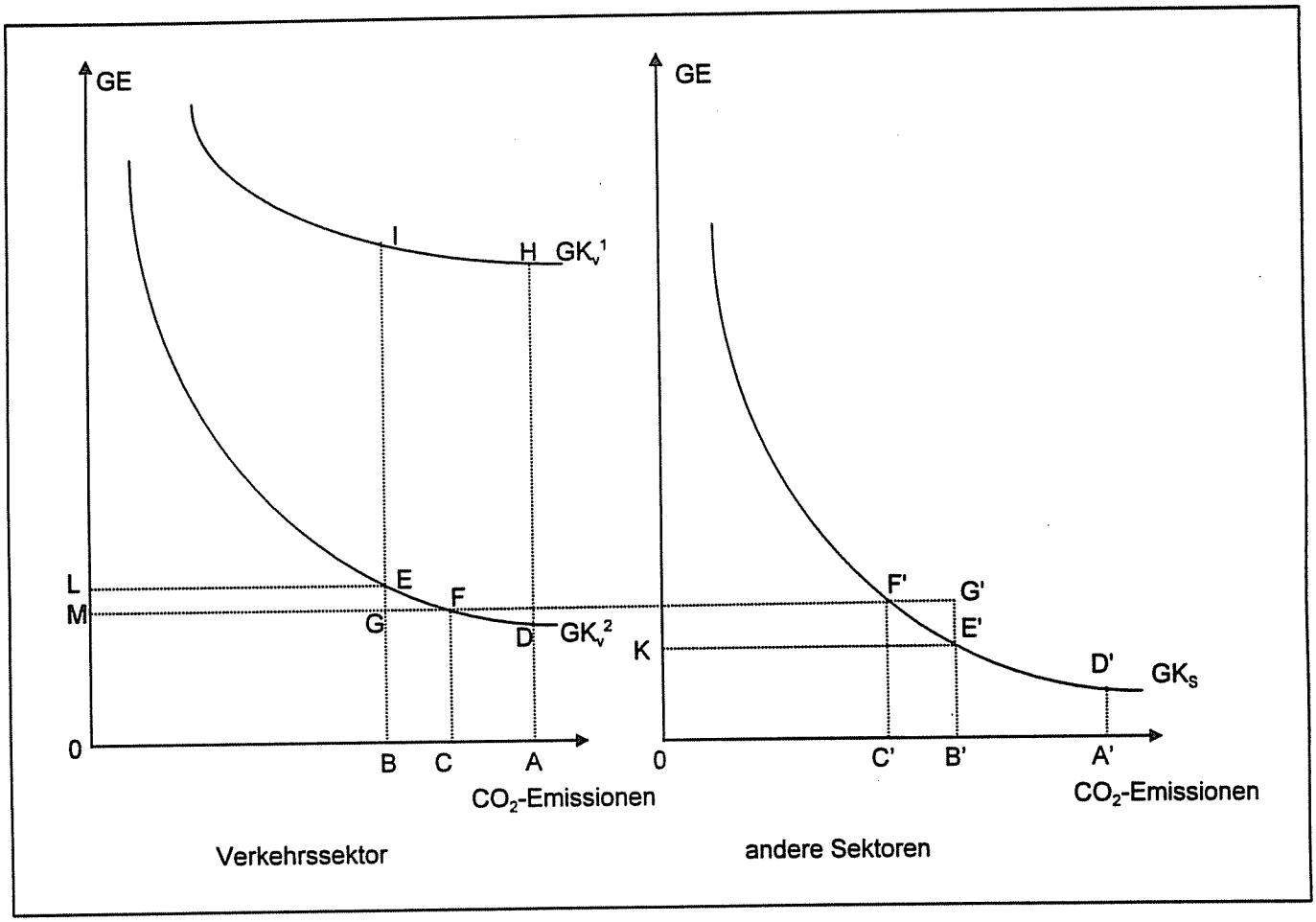
wobei R das erzielte CO_2-Reduktionsniveau darstellt. Im rechten Teil der Graphik sind die Vermeidungsgrenzkosten für eine alternative CO_2-Reduktionsmaßnahme S in einem der anderen CO_2 emittierenden Sektoren dargestellt. Als Referenzpunkt wird in der folgenden Analyse von einer Situation ausgegangen, in der bei allen Optionen die Menge OA=OA' an CO_2 emittiert wird.

Beschränkt man die Betrachtung der CO_2-Minderungskosten auf den Verkehrssektor, so sieht man, daß die Vermeidungsgrenzkosten der Maßnahme 2 $\left(GK_V^2\right)$ deutlich unterhalb der Vermeidungsgrenzkosten der Maßnahme 1 $\left(GK_V^1\right)$ liegen. Will man die CO_2-Emissionen auf die Menge OB begrenzen, so verursacht dies bei Maßnahme 2 Gesamtkosten in Höhe von BEDA. Will man dieselbe Emissionsreduktion mit Maßnahme 1 erreichen, so müßten dazu deutlich höhere

[222] Vgl. Fahl u.a. (1995), S. 75.

Kosten im Umfang von BIHA aufgewendet werden. Die gegebene CO_2-Reduktion ist also bei Maßnahme 2 mit geringeren Kosten verbunden als bei Maßnahme 1. Würde man den Vergleich der verschiedenen Reduktionsmaßnahmen auf den Verkehrsbereich beschränken, so käme man zu dem Ergebnis, daß sich eine CO_2-Reduktion am günstigsten durch Minderungsmaßnahme 2 erreichen läßt. Zieht man jedoch den weiteren Sektor in die Analyse ein, so stellt man fest, daß sich in diesem Sektor dieselbe CO_2-Reduktion im Umfang von A'B'=AB zu wesentlich geringeren Kosten in Höhe von A'D'E'B' als mit der kostengünstigsten Maßnahme aus dem Verkehrsbereich erreichen läßt.

Abbildung 6: Grenzkosten der CO_2-Reduktion



Quelle: Eigene Darstellung.

Die Analyse macht deutlich, daß man zu falschen Ergebnissen bezüglich der effizientesten CO_2-Vermeidungsstrategien kommen kann, wenn man die Effizienz-

analyse auf einzelne Sektoren beschränkt, da nicht gewährleistet ist, daß die Minderungskosten in dem betrachteten Sektor geringer sind als in anderen Sektoren. Beschränkt man die Auswahl optimaler CO_2-Minderungsstrategien auf einzelne Sektoren, so erhält man als Ergebnis in der Regel gerade nicht die aus volkswirtschaftlicher Sicht optimale CO_2-Minderungsstrategie. Bei der Analyse effizienter CO_2-Minderungsstrategien ist daher eine volkswirtschaftliche Analyse notwendig. Dabei ist es unter Effizienzgesichtspunkten allerdings nicht hinreichend, diejenige Alternative zu suchen, bei der eine beliebig vorgegebene Menge an CO_2 mit den geringsten Minderungskosten erreicht werden kann und diese Maßnahme bis zu ihrem technisch möglichen, maximalen CO_2-Minderungspotential auszuschöpfen. Der Grund besteht darin, daß die Grenzvermeidungskosten mit steigender CO_2-Minderung typischerweise überproportional ansteigen[223]. Damit eine CO_2-Minderungsstragie aus volkswirtschaftlicher Sicht zu minimalen Kosten erreicht werden kann, sollten bei Vorgabe eines bestimmten Reduktionsziels die einzelnen Maßnahmen solange ausgedehnt werden, bis die Vermeidungsgrenzkosten aller Maßnahmen gleich hoch sind.

Dieser Zusammenhang kann ebenfalls anhand von Abbildung 6 verdeutlicht werden. Dafür wird angenommen, daß ausgehend von der oben dargestellten Referenzsituation die CO_2-Emissionen in den beiden betrachteten Sektoren um dieselbe Menge AB=A'B' reduziert worden sind. In dieser Situation betragen die Vermeidungsgrenzkosten bei Maßnahme 2 OL, bei Maßnahme S betragen sie OK. Eine solche Situation ist aus volkswirtschaftlicher Sicht nicht optimal, da die Vermeidungsgrenzkosten der beiden Maßnahmen unterschiedlich hoch sind. Um dies zu verdeutlichen, wird diese Situation mit einer anderen Situation verglichen, in der bei gleicher Emissionsreduktion die Vermeidungsgrenzkosten bei beiden Maßnahmen gleich hoch sind. Dies ist der Fall, wenn die CO_2-Emissionen bei Maßnahme 2 lediglich auf das Niveau C reduziert werden, während bei Maßnahme S eine höhere Emissionsreduktion auf das Niveau C' erfolgt. In dieser Situation verursachen beide Maßnahmen Vermeidungsgrenzkosten im Umfang von OM. Die insgesamt emittierte Menge an CO_2 bleibt gegenüber dem Fall einer gleich hohen Emissionsreduktion bei beiden Maßnahmen unverändert (OB+OB'=OC+OC'). Durch

[223] Vgl. Fahl u.a. (1995), S. 59 ff.

die Verringerung der Emissionsvermeidung bei Maßnahme 2 von OB auf OC werden Kosten im Umfang von BEFC eingespart. Die erhöhte Ausweitung der CO_2-Reduktion bei Maßnahme S verursacht hingegen nur zusätzliche Kosten im Umfang von B'E'F'C'. Damit ergibt sich insgesamt bei unverändertem Emissionsvolumen eine Nettokostenreduktion in Höhe von EFG+E'F'G'. Hat man eine Situation erreicht, in der die Vermeidungsgrenzkosten bei allen Optionen gleich hoch sind, ist es nicht mehr möglich, durch eine andere Aufteilung der Emissionsminderungen auf die einzelnen Maßnahmen die volkswirtschaftlichen Kosten zu reduzieren. Daher sollte aus volkswirtschaftlicher Sicht eine CO_2-Reduktionsstrategie mit einer optimalen Mischung mehrerer Maßnahmen gewählt werden, die dazu führt, daß sich die Vermeidungsgrenzkosten aller Minderungsoptionen angleichen.

Will man eine solche aus volkswirtschaftlicher Sicht optimale CO_2-Minderungspolitik implementieren, so steht man allerdings vor einem erheblichen Informationsproblem. Eine Quantifizierung der CO_2-Minderungskosten oder gar die Angabe von CO_2-Minderungskostenfunktionen der verschiedenen Energiesparmaßnahmen ist gegenwärtig nur für Teilbereiche möglich[224]. Daher ist es letztlich bei dem gegenwärtigen Kenntnisstand nicht möglich, eine im einzelnen exakte Aussage zu treffen, welche Minderungsoptionen in welchem Umfang realisiert werden sollten. Dennoch erscheint eine Analyse der spezifischen CO_2-Minderungskosten alternativer Maßnahmen sinnvoll, da dies zumindest ermöglicht, die Größenordnungen der Minderungskosten der einzelnen Maßnahmen sowie die Entwicklung der Minderungskosten mit zunehmendem Umfang der CO_2-Reduktion zu ermitteln. Anhand dieser Ergebnisse läßt sich die relative Vorteilhaftigkeit der einzelnen Verfahren miteinander vergleichen und eine Aussage darüber treffen, in welcher Abfolge die einzelnen Minderungsoptionen kombiniert werden sollten, um zu einer kostenminimalen CO_2-Reduktion zu gelangen. Darüber hinaus läßt sich aus den gewonnenen Ergebnissen ableiten, ob einzelne Maßnahmen überhaupt Bestandteile einer kostenminimalen CO_2-Minderungspolitik sein können oder nicht. Verursacht

[224] Vgl. Voß (1991), S. 78.

eine Maßnahme über den gesamten relevanten Bereich der CO_2-Minderungen nur vergleichsweise geringe Kosten, so wird diese Maßnahme mit hoher Wahrscheinlichkeit Bestandteil einer optimalen CO_2-Minderungspolitik sein. Verursacht eine Maßnahme hingegen im Vergleich zu alternativen Optionen über den gesamten relevanten Bereich sehr hohe CO_2-Minderungskosten, wie dies in Abbildung 6 für die Maßnahme GK_v^1 der Fall ist, kann man davon ausgehen, daß diese Maßnahme kaum jemals in einer optimalen CO_2-Minderungspolitik enthalten sein wird.

6.2.4 Methodische Vorgehensweise bei der Quantifizierung der CO_2-Minderungskosten

Im folgenden sollen die spezifischen CO_2-Minderungskosten der Verwendung von Rapsöltreibstoffen mit den Minderungskosten alternativer Optionen verglichen werden. Dazu benötigt man Angaben über die möglichen CO_2-Minderungen bei den einzelnen Optionen sowie über die Höhe der dadurch verursachten Kosten. Bildet man für jede Maßnahme den Quotienten aus diesen beiden Größen, so erhält man die jeweiligen spezifischen CO_2-Minderungskosten. Damit erhält man für alle Minderungsoptionen eine auf einen einheitlichen Wert normierte Größe für die mit den einzelnen Maßnahmen verbundenen CO_2-Minderungskosten, so daß man die spezifischen CO_2-Minderungskosten für ein jeweils vorgegebenes, identisches Minderungsausmaß miteinander vergleichen kann. Wie bereits dargestellt worden ist, müssen dabei sämtliche mögliche CO_2-Minderungsmaßnahmen in die Analyse mit einbezogen werden. Insbesondere müssen sich nachwachsende Rohstoffe im Rahmen von Kosten-Wirksamkeits-Analysen auch mit Minderungsoptionen aus dem Bereich der konventionellen Energieträger messen lassen. Vor dem Hintergrund umwelt- und energiepolitischer Überlegungen geht es nicht darum, einen vorab festgesetzten Anteil nachwachsender Rohstoffe am gesamten Energieverbrauch zu realisieren, sondern es geht darum, den Energieverbrauch und die Schadstoffemissionen möglichst kostengünstig zu verringern.

Da die Verringerung von CO_2-Emissionen nicht absolut, sondern nur relativ zu einer Alternative quantifiziert werden kann, muß jeder möglichen CO_2-Minderungsoption ein geeignetes Referenzsystem gegenübergestellt werden, um die Veränderungen zu erfassen, die durch die Nutzung einer bestimmten Minderungsmaßnahme entstehen[225]. Dieses Referenzsystem ist im Normalfall das durch die jeweilige Minderungsmaßnahme verdrängte Verfahren. Bei der Analyse der relevanten Literatur fällt auf, daß die Angaben über die Höhe der CO_2-Minderungskosten der einzelnen Optionen in vielen Fällen mit hohen Bandbreiten versehen sind. Diese großen Bandbreiten resultieren zum einen aus den unterschiedlichen zugrundegelegten Referenzsystemen bei den einzelnen Minderungsoptionen[226] und zum anderen aus den unterschiedlich hohen Grenzvermeidungskosten in Abhängigkeit von dem jeweiligen Reduktionsniveau[227]. Trotz dieser großen Bandbreiten kann man dennoch einen Vergleich der CO_2-Minderungskosten einzelner Maßnahmen vornehmen, da es bei der Analyse nicht in erster Linie auf die Exaktheit einzelner Zahlenangaben ankommt, sondern auf die absolute bzw. relative Größenordnung der Kosten der einzelnen Minderungsoptionen.

6.2.5 Spezifische CO_2-Minderungskosten von RME

In diesem Kapitel werden die spezifischen Kosten der CO_2-Reduktion bei einer Förderung von Rapsöl als Treibstoff ermittelt. Als Ausgangspunkt für die Berechnung dient der in Kapitel 5.2.2 für unterschiedliche Szenarien berechnete direkte Subventionsaufwand. Dieser Subventionsaufwand gibt diejenigen Kosten an, die notwendig sind, um unter den gegebenen Rahmenbedingungen die Wettbewerbsfähigkeit von RME an der Tankstelle mit mineralischem Dieselkraftstoff herzustellen. Die Analysen im volkswirtschaftlichen Teil dieser Studie haben gezeigt, daß neben diesem direkten Subventionsaufwand weitere Kosten einer Förderung von Rapsöltreibstoffen entstehen. Die durch die Förderung von Rapsöl als Treibstoff

---

[225] Vgl. Kaltschmitt, Stelzer, Wiese (1996), S. 177 f.
[226] Vgl. Fahl u.a. (1995), S. 177.
[227] Vgl. Kapitel 6.2.3.

entstehenden volkswirtschaftlichen Kosten sind daher weit höher als der direkte Subventionsaufwand. Als Datengrundlage für die bei einer Substitution von 1 kg mineralischem Dieselkraftstoff durch 1 kg DKÄ an RME eingesparten CO_2-Emissionen dienen die Berechnungen von Reinhardt (1999)[228]. Um auch hier den Einfluß unterschiedlicher Annahmen berücksichtigen zu können, wurde die Berechnung der CO_2-Minderungskosten jeweils für den höchsten und den niedrigsten bei Reinhardt ausgewiesenen CO_2-Minderungsumfang durchgeführt.

Der für Szenario I berechnete direkte Subventionsaufwand beträgt 0,71 DM/l RME bzw. 0,92 DM/kg DKÄ. Daraus ergeben sich für Szenario I spezifische CO_2-Minderungskosten der Verwendung von Rapsöl als Treibstoff, die je nach Höhe der eingesparten CO_2-Emissionen zwischen 238 und 386 DM/t CO_2 liegen; vgl. Tabelle 18. Dieses Szenario ist für die Frage einer Verringerung von CO_2-Emissionen allerdings eher von theoretischem Wert, da die Produktionsmenge von RME in diesem Szenario so gering ist, daß sich nur ein marginaler CO_2-Reduktionseffekt ergibt.

Tabelle 18: Spezifische CO_2-Minderungskosten von RME

	Maximale CO_2-Minderung (3,864 kg CO_2/kg DKÄ)	Minimale CO_2-Minderung (2,382 kg CO_2/kg DKÄ)
Szenario I	238 DM/t CO_2	386 DM/t CO_2
Szenario II	336 DM/t CO_2	546 DM/t CO_2
Szenario III	378 DM/t CO_2	613 DM/t CO_2
Szenario IV	424 DM/t CO_2	688 DM/t CO_2

Quelle: Eigene Berechnungen auf Basis von Anhang 6 und Reinhardt (1999), S. 64.

Unter dem Aspekt einer merklichen CO_2-Reduktion sind daher letztlich nur die Szenarien II bis IV relevant. In Szenario II beträgt der Subventionsaufwand 1,00 DM/l RME bzw. 1,30 DM/kg DKÄ. Daraus ergeben sich in Szenario II spezifische CO_2-Minderungskosten der Verwendung von Rapsöl als Treibstoff, die zwischen 336 und 546 DM/t CO_2 liegen. In Szenario III beträgt der Subventionsaufwand 1,12 DM/l RME bzw. 1,46 DM/kg DKÄ, so daß in diesem Szenario spezifische CO_2-Minderungs-

[228] Vgl. Reinhardt (1999), S. 64.

kosten resultieren, die zwischen 378 und 613 DM/t CO_2 liegen. Für Szenario IV ergeben sich bei einem Subventionsaufwand von 1,26 DM/l RME bzw. 1,64 DM/kg DKÄ spezifische CO_2-Minderungskosten zwischen 424 und 688 DM/t CO_2.

Faßt man die Einzelergebnisse der für eine merkliche CO_2-Reduktion relevanten Szenarien zusammen, so kommt man zu spezifischen CO_2-Minderungskosten einer Förderung von Rapsöl als Treibstoff, die in einem Intervall von 336 und 688 DM/t CO_2 liegen. Dabei ist noch einmal darauf hinzuweisen, daß bei den Berechnungen nur der Subventionsaufwand im engeren Sinn, d.h. diejenigen Subventionen, die zu unmittelbaren Konsequenzen im Staatshaushalt führen, zugrundegelegt wurden. Die zusätzlich aus den dargestellten Regulierungen resultierenden indirekten Subventionswirkungen (vgl. Kap. 5.5.2) bzw. weitere volkswirtschaftliche Kosten der Verwendung von Rapsöl als Treibstoff wurden hier nicht berücksichtigt. Werden diese Kosten in die Berechnungen einbezogen, so führt das teilweise zu erheblichen Erhöhungen der ermittelten CO_2-Minderungskosten.

Bezieht man z.B. die indirekten Subventionswirkungen aufgrund der mit der Flächenstillegung verbundenen Regulierungen in die Analyse ein, so erhöht sich der relevante Subventionsbetrag in allen Szenarien um jeweils 0,29 DM/l RME bzw. 0,38 DM/kg DKÄ. Die in diesem Fall für die einzelnen Szenarien resultierenden CO_2-Minderungskosten von RME sind in Tabelle 19 enthalten.

Tabelle 19: Spezifische CO_2-Minderungskosten von RME unter Berücksichtigung indirekter Subventionswirkungen

	Maximale CO_2-Minderung (3,864 kg CO_2/kg DKÄ)	Minimale CO_2-Minderung (2,382 kg CO_2/kg DKÄ)
Szenario I	336 DM/t CO_2	546 DM/t CO_2
Szenario II	435 DM/t CO_2	705 DM/t CO_2
Szenario III	476 DM/t CO_2	772 DM/t CO_2
Szenario IV	523 DM/t CO_2	848 DM/t CO_2

Quelle: Eigene Berechnungen.

Durch Berücksichtigung der indirekten Subventionswirkungen erhöhen sich die spezifischen CO_2-Minderungskosten von RME deutlich. Sie liegen je nach Szenario

zwischen 98 und 160 DM/t CO_2 über den Minderungskosten, die sich bei ausschließlicher Berücksichtigung der direkten Subventionen ergeben.

Bezieht man neben direkten und indirekten Subventionen weitere mit der Verwendung von Rapsöl als Treibstoff verbundene volkswirtschaftliche Kosten in die Analyse ein, so resultiert eine weitere Erhöhung der CO_2-Minderungskosten. Berücksichtigt man z.B. zusätzlich die Tatsache, daß die Kosten einer DM an Subventionen für den Steuerzahler mindestens 1,30 DM betragen (vgl. Kapitel 5.3.1.2), so ergeben sich die in Tabelle 20 ausgewiesenen spezifischen CO_2-Minderungskosten von RME.

Tabelle 20: Spezifische CO_2-Minderungskosten von RME unter Berücksichtigung direkter und indirekter Subventionen sowie der volkswirtschaftlichen Kosten der Steuererhebung

	Maximale CO_2-Minderung (3,864 kg CO_2/kg DKÄ)	Minimale CO_2-Minderung (2,382 kg CO_2/kg DKÄ)
Szenario I	408 DM/t CO_2	662 DM/t CO_2
Szenario II	536 DM/t CO_2	869 DM/t CO_2
Szenario III	590 DM/t CO_2	956 DM/t CO_2
Szenario IV	650 DM/t CO_2	1055 DM/t CO_2

Quelle: Eigene Berechnungen.

Die Berücksichtigung dieser volkswirtschaftlichen Kosten führt nochmals zu einem weiterem Anstieg der spezifischen CO_2-Minderungskosten. Je nach Szenario erhöhen sich die CO_2-Minderungskosten von RME um 80 bis 230 DM/t CO_2. Selbst bei dieser Berechnung sind nicht alle in diesem Gutachten diskutierten volkswirtschaftlichen Kosten der Verwendung von Rapsöltreibstoffen berücksichtigt. Daher können die in Tabelle 20 ausgewiesenen CO_2-Minderungskosten nur als untere Grenzwerte verglichen mit den bei Einrechnung sämtlicher volkswirtschaftlicher Kosten des Rapsölkonzeptes resultierenden CO_2-Minderungskosten angesehen werden.

6.2.6 CO_2-Minderungsmaßnahmen im Verkehr

Im folgenden sollen die spezifischen CO_2-Minderungskosten einer Verwendung von Rapsöl als Treibstoff mit den CO_2-Minderungskosten alternativer Optionen aus dem Verkehrsbereich verglichen werden. Aufgrund der dargestellten Probleme bei der monetären Bewertung unterschiedlicher volkswirtschaftlicher Kosten wird auf die Einbeziehung der über den direkten Subventionsaufwand hinausgehenden volkswirtschaftlichen Kosten in den folgenden Analysen verzichtet. Grundlage des Vergleichs sind daher nur die bei alleiniger Berücksichtigung der direkten Subventionen resultierenden spezifischen CO_2-Minderungskosten der einzelnen Minderungsoptionen.

Es gibt im Fahrzeugbereich eine Reihe von technischen Einzelmaßnahmen, die zu einer Verringerung der CO_2-Emissionen beitragen können[206]. Hierzu zählen fahrzeugtechnische Maßnahmen wie z.B. die Reduzierung des Fahrzeuggewichts oder des Rollwiderstandes, motortechnische Maßnahmen, Maßnahmen im Bereich der Kraftübertragung sowie der Einsatz von alternativen Kraftstoffen und Antrieben. Für jede dieser Einzelmaßnahmen lassen sich prinzipiell die dadurch verursachten zusätzlichen Kosten sowie das mit ihnen verbundene CO_2-Minderungspotential ermitteln und daraus die spezifischen CO_2-Minderungskosten jeder einzelnen Maßnahme berechnen. Bei einer solchen Vorgehensweise ergibt sich allerdings das Problem, daß die Minderungsoptionen nicht unabhängig voneinander betrachtet werden können, da ihre Minderungspotentiale sich wechselseitig beeinflussen und nicht einfach aufaddierbar sind[207]. Daher werden im folgenden nicht einzelne CO_2-Minderungsmaßnahmen am Fahrzeug betrachtet, sondern es wird das Fahrzeug als Gesamtsystem analysiert. Zwar bilden auch bei einer solchen Betrachtung die verschiedenen Einzelmaßnahmen die Grundlage für die Minderungspotentiale, diese werden aber nicht isoliert, sondern als Maßnahmenbündel betrachtet, so daß

---

[206] Einen Überblick geben z.B. Fiedler, Helfer, Essers (1994), S. 16 ff.; Friedrich u.a. (1993), S. 127 ff.
[207] Vgl. Fiedler, Helfers, Essers (1994), S. 17.

Interdependenzen zwischen den einzelnen Maßnahmen berücksichtigt werden können[208].

Es liegen einzelne Studien vor, in denen die spezifischen CO_2-Minderungskosten solcher optimierter Fahrzeuge ermittelt wurden[209]. Für einen volkswirtschaftlichen Vergleich der CO_2-Minderungskosten sind grundsätzlich nur diejenigen Studien verwendbar, die die spezifischen CO_2-Minderungskosten der einzelnen Maßnahmen auf Basis von Preisen ohne Steuern berechnen. Insbesondere ist hier auf die Rolle der Mineralölsteuer zu verweisen. Technische Maßnahmen am Fahrzeug zielen primär darauf ab, die CO_2-Emissionen über eine Verringerung des spezifischen Kraftstoffverbrauchs der Fahrzeuge zu reduzieren. Solche Maßnahmen verursachen einerseits zwar höhere Kosten, z.B. in Form höherer Investitionskosten, andererseits verringern sie aber auch die mit der Nutzung des Fahrzeugs verbundenen Treibstoffkosten. Berücksichtigt man bei der Verringerung des Treibstoffverbrauchs die Mineralölsteuer, so kommt man für die jeweils betrachtete Maßnahme zu deutlich höheren Kosteneinsparungen, als wenn man die Mineralölsteuer nicht in der Analyse berücksichtigt. Daher errechnen sich bei Berücksichtigung der Mineralölsteuer für die einzelnen Optionen erheblich niedrigere CO_2-Minderungskosten als bei Vernachlässigung dieser Steuer. Entsprechend den obigen Überlegungen werden diejenigen Studien, die die spezifischen CO_2-Minderungskosten der einzelnen Optionen unter Berücksichtigung der Mineralölsteuer ermitteln, bei den volkswirtschaftlichen Analysen nicht berücksichtigt.

Die einzelnen Studien kommen aufgrund divergierender Annahmen zu teilweise deutlich unterschiedlichen Ergebnissen. Die Angaben bewegen sich für optimierte Diesel-Pkw zwischen 190 und 545 DM/t CO_2, für optimierte Benzin-Pkw zwischen 285 und 700 DM/t CO_2 sowie für optimierte Diesel-Lkw zwischen 320 und 505 DM/t CO_2. Demgegenüber wurden im vorangegangen Kapitel für die unter dem Aspekt der CO_2-Reduktion relevanten Szenarien bei alleiniger Berücksichtigung des direkten

---

[208] Vgl. Fahl u.a. (1995), S. 168.
[209] Vgl. z.B. Fahl u.a. (1995), S. 170 ff.; Friedrich u.a. (1993), S. 127 ff.; Gerster (1996); Blümel, Wein (1996).

Subventionsaufwands spezifische CO_2-Minderungskosten für die Verwendung von RME ermittelt, die zwischen 336 und 688 DM/t CO_2 liegen.

Vergleicht man die spezifischen CO_2-Minderungskosten von Rapsöl in der Verwendung als Treibstoff mit denen eines optimierten, mit konventionellen Kraftstoffen betriebenen Fahrzeugs, so kommt man zu keinem eindeutigen Ergebnis. Allerdings wird in den für die Berechnung der spezifischen CO_2-Minderungskosten von Rapsöl zugrundegelegten Szenarien nur eine CO_2-Reduktion im Umfang zwischen 3 und 5,5 Mio. t erreicht, während bei den Berechnungen der spezifischen CO_2-Minderungskosten von fahrzeugtechnischen Maßnahmen eine deutlich höhere CO_2-Reduktion im Umfang von 17 bis 25 Mio. t zugrunde gelegt wurde. Da die Grenzkosten der CO_2-Reduktion mit steigendem Reduktionsniveau zunehmen, deuten die Zahlen darauf hin, daß die fahrzeugtechnischen Maßnahmen geringere spezifische CO_2-Minderungskosten haben als die Verwendung von Rapsöl als Treibstoff. Allerdings erscheint dieses Ergebnis bezüglich veränderter Annahmen nicht robust zu sein. Im Fall günstiger Annahmen für die Verwendung von Rapsöltreibstoffen und ungünstiger Annahmen bezüglich technischer Maßnahmen zur Optimierung eines konventionell betriebenen Fahrzeugs ist es möglich, daß man zu einer günstigeren Beurteilung der Rapsöltreibstoffe kommt, d.h. daß unter optimistischen Annahmen das Rapsölkonzept eventuell die überlegene Alternative darstellen könnte. Daher kann man beim gegebenen Kenntnisstand und bei alleiniger Betrachtung des Verkehrssektors zu keiner abschließenden Beurteilung bezüglich der relativen Vorteilhaftigkeit von Rapsöl als CO_2-Minderungsmaßnahme kommen. Hierbei ist allerdings zu berücksichtigen, daß mit fahrzeugtechnischen Maßnahmen deutlich höhere Reduktionsvolumen erreicht werden können, die mit der Verwendung von Rapsöl als Treibstoff aufgrund der angebotsseitigen Beschränkungen nicht erreichbar sind.

Wie bereits dargestellt, reicht es zur Beurteilung von Rapsöl als CO_2-Minderungsmaßnahme aber ohnehin nicht aus, nur den Verkehrssektor zu betrachten. Unter dem Gesichtspunkt einer effizienten CO_2-Minderungspolitik muß sich Rapsöl nicht nur mit den CO_2-Minderungsmaßnahmen aus dem Verkehrssektor, sondern mit sämtlichen in einer Volkswirtschaft zur Verfügung stehenden CO_2-

Minderungsmaßnahmen messen können. Dieser Vergleich soll im folgenden Kapitel vorgenommen werden.

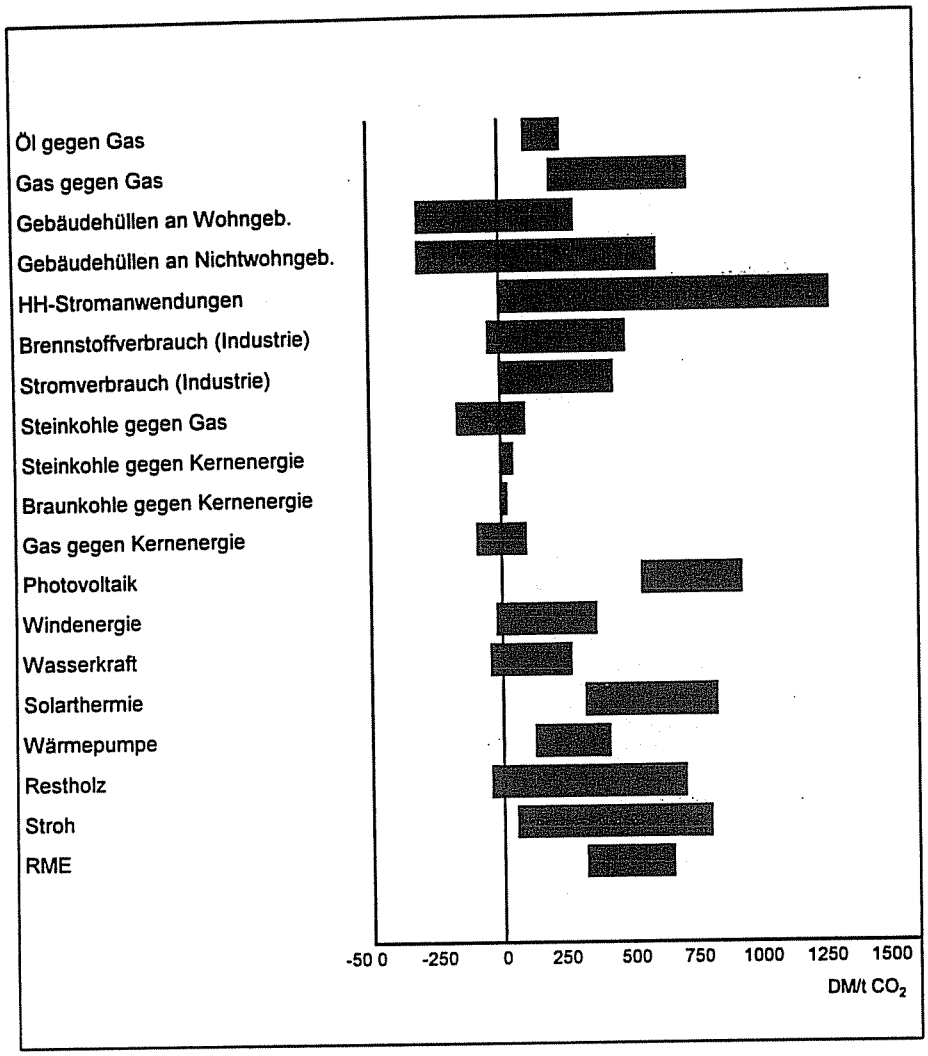
6.2.7 CO_2-Minderungsmaßnahmen in anderen Sektoren

Im folgenden sollen die im vorangegangenen Kapitel ermittelten spezifischen CO_2-Minderungskosten alternativer Maßnahmen innerhalb des Verkehrssektors und insbesondere die spezifischen CO_2-Minderungskosten von RME mit den CO_2-Minderungskosten von Maßnahmen in anderen Bereichen der Volkswirtschaft verglichen werden. Es liegt eine Reihe von Studien über die Höhe der CO_2-Minderungskosten alternativer Maßnahmen in verschiedenen Bereichen der Volkswirtschaft vor[210]. Aufgrund unterschiedlicher Annahmen bzw. unterschiedlicher Referenzsysteme weichen die Einzelergebnisse der verschiedenen Studien teilweise voneinander ab und können daher nicht ohne weiteres miteinander verglichen werden. Um eine Vergleichbarkeit der Ergebnisse zu gewährleisten, werden bei der folgenden Analyse ausschließlich die Ergebnisse einer ausgewählten Studie verwendet. Hierzu wurden die Untersuchungen von Fahl u.a. (1995)[211] herangezogen. Obwohl die ermittelten Einzelergebnisse für verschiedene CO_2-Minderungsmaßnahmen in verschiedenen Studien voneinander abweichen, erscheint dieses Vorgehen gerechtfertigt, da die Ergebnisse und die relativen Kostenunterschiede zwischen den einzelnen Maßnahmen in den Studien in vergleichbaren Größenordnungen liegen. Damit wird einerseits die Vergleichbarkeit der Minderungskosten der einzelnen Maßnahmen sichergestellt, während andererseits durch die Nichtberücksichtigung alternativer Berechnungen keine wesentlichen Informationsverluste über die Größenordnungen entstehen. Einen Überblick über die spezifischen Kosten verschiedener CO_2-Minderungsmaßnahmen gibt Abbildung 7.

---

[210] Vgl. z.B. Gerster (1996), Voß (1991), Fichtner u.a. (1996).
[211] Vgl. Fahl u.a. (1995), S. 59 ff.

Abbildung 7: CO_2-Minderungskosten verschiedener Alternativen



Quelle: Fahl u.a. (1995), S. 178; eigene Berechnungen.

Es fällt auf, daß die ermittelten CO_2-Minderungskosten für die einzelnen Maßnahmen vergleichsweise hohe Bandbreiten aufweisen. Die Ursache soll am Beispiel der Maßnahmen an Gebäudehüllen verdeutlicht werden. Im Bereich der Gebäudehüllen gibt es eine Fülle von Einzelmaßnahmen wie z.B. den Austausch von Fenstern mit Einfachverglasung durch Fenster mit Isolierverglasung oder die Verbesserung der Wärmedämmung am Dach[212]. Mit jeder dieser Einzelmaßnahmen kann in Abhängigkeit vom Gebäudetyp sowie vom bestehenden wärmetechnischen Ausgangszustand der Bausubstanz eine unterschiedlich hohe Energieeinsparung erzielt werden. So haben Einsparmaßnahmen an neueren Gebäuden, die schon im

[212] Vgl. Fahl u.a. (1995), S. 74 f.

Ausgangszustand einen geringen Nutzenergiebedarf haben, typischerweise ein deutlich ungünstigeres Verhältnis von Kosten zu Einsparpotential als Einsparungsmaßnahmen an älteren Gebäuden. Entsprechend ergeben sich bei einer Einsparmaßnahme in Abhängigkeit vom jeweiligen Gebäudetyp unterschiedlich hohe CO_2-Minderungskosten. Ordnet man die einzelnen Maßnahmen nach der Höhe ihrer spezifischen CO_2-Minderungskosten an, so kann man abschnittsweise eine Grenzvermeidungskurve der CO_2-Emissionen ermitteln; vgl. Anhang 9. Entsprechende Ableitungen für Grenzvermeidungskosten der CO_2-Reduktion finden sich in Fahl u.a. (1995) auch für die anderen angegebenen CO_2-Minderungsoptionen[213].

Eine effiziente CO_2-Minderungspolitik sollte darauf ausgerichtet sein, die einzelnen Minderungsoptionen entsprechend der Höhe ihrer spezifischen Minderungskosten pro Tonne CO_2 zu ergreifen. Besonders interessant sind hierbei die Maßnahmen, die negative CO_2-Minderungskosten aufweisen. Diese Maßnahmen sind auch ohne Berücksichtigung der CO_2-Reduktion wirtschaftlich, da die Kostenersparnis infolge des geringeren Energiebedarfs größer ist als der Aufwand für die Maßnahme.

Die Ergebnisse zeigen, daß es eine Reihe von Maßnahmen gibt, bei denen die CO_2-Reduktion mit relativ geringen Kosten verbunden ist. Hierzu zählen insbesondere die Maßnahmen an der Gebäudehülle von Wohn- und Nichtwohngebäuden sowie Maßnahmen der Substitution von CO_2-reichen Energieträgern, wie z.B. Stein- oder Braunkohle, durch CO_2-ärmere Energieträger, wie z.B. Erdgas. Vergleicht man diese Maßnahmen mit den CO_2-Minderungsmaßnahmen aus dem Verkehrssektor, so stellt man fest, daß die Maßnahmen im Verkehr neben einigen Maßnahmen aus dem Bereich der erneuerbaren Energiequellen zu den Maßnahmen mit den höchsten CO_2-Minderungskosten zählen. Die Rapsöltreibstoffe schneiden bei einer volkswirtschaftlichen Betrachtung deutlich schlechter ab als bei einer isolierten Betrachtung des Verkehrssektors. Nahezu alle Maßnahmen haben deutlich geringere spezifische CO_2-Minderungskosten als die Verwendung von Rapsöl als Treibstoff. Selbst im Vergleich zu anderen erneuerbaren Energieträgern bzw. anderen nachwachsenden Rohstoffen schneiden die Rapsöltreibstoffe teilweise sehr

[213] Vgl. Fahl u.a. (1995),S. 59 ff.

viel schlechter ab. Dieses Ergebnis wird in anderen Studien bestätigt[214]. Der Vergleich mit anderen erneuerbaren Energieträgern bzw. anderen nachwachsenden Rohstoffen fällt für die Rapsöltreibstoffe noch ungünstiger aus, wenn man in einer dynamischen Betrachtung die Entwicklung der spezifischen CO_2-Minderungskosten bei steigendem Marktanteil betrachtet. Viele der erneuerbaren Energieträger zeichnen sich dadurch aus, daß ihre spezifischen CO_2-Minderungskosten bei steigendem Marktanteil sinken. Für die Rapsöltreibstoffe trifft hingegen genau das Gegenteil zu. Die mit ihrer Nutzung verbundenen CO_2-Minderungskosten haben bei steigendem Marktanteil aufgrund des in diesem Fall zu erwartenden Preisverfalls bei den Beiprodukten Rapsschrot und Glycerin eine starke Erhöhungstendenz.

Es handelt sich also bei der Verwendung von Rapsöl als Treibstoff unter dem Gesichtspunkt der CO_2-Reduktion um eine besonders unwirtschaftliche Maßnahme. Hinzu kommt, daß das technische CO_2-Minderungspotential verglichen mit anderen Alternativen selbst bei Einsatz des maximal möglichen Potentials von Non-food-Raps außerordentlich gering ist, so daß ein Effekt der eingesetzten Mittel kaum wahrnehmbar wäre. Bei Verfolgung alternativer CO_2-Minderungsmaßnahmen kann man mit demselben Kostenaufwand eine sehr viel höhere CO_2-Reduktion erreichen als durch die Verwendung von Rapsöl als Treibstoff.

6.2.8 Weitere Wirkungen auf die Umwelt

Für eine umfassende Beurteilung der Rapsöltreibstoffe sind neben den CO_2-Emissionen eine Reihe weiterer Umweltwirkungen relevant. Dabei fällt die Bewertung bei einigen Umweltwirkungen zugunsten von Rapsöl bzw. RME, bei anderen zu Ungunsten der Rapsöltreibstoffe aus. Für einige Umweltauswirkungen läßt sich beim derzeitigen Kenntnisstand noch keine abschließende Bewertung vornehmen[215]. Die Einbeziehung dieser Umweltwirkungen in die Analyse von Rapsöl als CO_2-Minderungsmaßnahme ist auftragsgemäß nicht Bestandteil dieser Studie.

---

[214] Vgl. z.B. Wintzer u.a. (1993), S. IV-62 ff.
[215] Vgl. Reinhardt (1999), S. 17 ff.

Dennoch ist darauf hinzuweisen, daß diese Effekte einer Nutzung von Rapsöl als Treibstoff auf andere Umweltbereiche in volkswirtschaftlichen Untersuchungen nicht vernachlässigt werden dürfen. Diese Umweltwirkungen verursachen reale externe Kosten und müssen in einer Kosten-Nutzen-Analyse bzw. in einer Kosten-Wirksamkeits-Analyse bei der Berechnung der volkswirtschaftlichen Kosten prinzipiell berücksichtigt werden.

Berücksichtigt man sämtliche mit der Verwendung von Rapsöl als Treibstoff verbundene Emissionen, so kommt man zu anderen Ergebnissen, als wenn man nur die CO_2-Emissionen berücksichtigt. Dies soll im folgenden am Beispiel der Wirkungen einer Verwendung von Rapsöl als Treibstoff auf den Treibhauseffekt verdeutlicht werden. Bei der Analyse der Wirkungen auf den Treibhauseffekt ist eine Beschränkung der Analyse auf Kohlendioxid nicht ausreichend, da bei Herstellung und Verwendung sowohl von mineralischem Dieselkraftstoff als auch von Rapsöltreibstoffen weitere Treibhausgase freigesetzt werden[216]. Daher darf eine effiziente Klimapolitik nicht nur CO_2 berücksichtigen, sondern muß prinzipiell die Emissionen aller Klimagase berücksichtigen und zwar gewichtet nach der Klimaschädlichkeit der einzelnen Gase[217]. Die einzelnen Klimagase können entsprechend ihrer Klimaschädlichkeit in CO_2-Äquivalente ($CO_{2äq}$) umgerechnet werden[218]. Bei einer Berücksichtigung aller Klimagase fällt der positive Beitrag der Rapsöltreibstoffe zur Reduktion des Treibhauseffektes deutlich geringer aus als bei einer alleinigen Berücksichtigung von Kohlendioxid. Hierbei spielt insbesondere eine Rolle, daß neben CO_2 auch Distickstoffoxid zum Treibhauseffekt beiträgt, das bei der Rapsölproduktion in nicht unerheblichen Umfang auftritt[219]. Berechnet man analog zum Vorgehen in Kapitel 6.2.5 die spezifischen Reduktionskosten von RME für die Reduktion von einer Tonne CO_2-Äquivalent, so kommt man zu den in Tabelle 21 ausgewiesen Ergebnissen. Wie in Tabelle 18 wurde bei den Berechnungen lediglich der direkte Subventionsaufwand zugrundegelegt.

---

[216] Vgl. Reinhardt (1999), S. 21.
[217] Vgl. Hoel, Isaksen (1993), S. 1.
[218] Vgl. Reinhardt (1999), S. 21.
[219] Vgl. Reinhardt (1999), S. 24 f. und 48.

Tabelle 21: Spezifische Minderungskosten von RME pro t CO_2-Äquivalent

	Maximale Minderung (3,198 kg $CO_{2äq}$/kg DKÄ)	Minimale Minderung (1,010 kg $CO_{2äq}$/kg DKÄ)
Szenario I	288 DM/t $CO_{2äq}$	911 DM/t $CO_{2äq}$
Szenario II	407 DM/t $CO_{2äq}$	1287 DM/t $CO_{2äq}$
Szenario III	457 DM/t $CO_{2äq}$	1446 DM/t $CO_{2äq}$
Szenario IV	513 DM/t $CO_{2äq}$	1624 DM/t $CO_{2äq}$

Quelle: Eigene Berechnungen auf Basis von Anhang 6 und Reinhardt (1999), S. 64.

Bei Berücksichtigung aller Treibhausgase kommt man also zu teilweise deutlich abweichenden Minderungskosten von RME als bei einer alleinigen Berücksichtigung von CO_2. Dabei fallen die Minderungkosten bei Berücksichtigung aller Treibhausgase durchweg höher aus als bei einer alleinigen Berücksichtigung von CO_2. Dieses Ergebnis macht deutlich, daß die Beschränkung einer umweltökonomischen Analyse von Rapsöl bzw. RME auf einzelne externe Effekte nicht problemadäquat ist. Für eine umfassende Analyse müssen sämtliche mit der Produktion und Verwendung von Rapsöl verbundenen externen Effekte in die Analyse einbezogen werden. Dabei müssen neben den klimarelevanten Effekten sämtliche andere externe Effekte berücksichtigt werden, da diese je nach Höhe unterschiedliche externe Kosten verursachen und damit die Gesamtkosten bzw. die Effizienz der einzelnen Maßnahmen beeinflussen.

6.2.9 Rapsöl als Heizöl

Neben der Möglichkeit der Verwendung von Rapsöl als Treibstoff besteht als weitere Option zur Reduktion von Treibhausgasen der Einsatz von Rapsöl als Heizöl. Da sich Dieselkraftstoff und Heizöl nur durch einige im Kraftstoff enthaltene zusätzliche Additive unterscheiden, kann Rapsöl prinzipiell auch als Heizölsubstitut eingesetzt werden. Der Einsatz von Rapsöl in Heizungsanlagen ist im Vergleich zum Einsatz in Dieselmotoren technisch weniger anspruchsvoll. In Kleinfeuerungsanlagen kann

Rapsöl je nach Kesselkonstruktion dem leichten Heizöl mit einem Anteil von 20 bis 50 % beigemischt werden. In Schwerölbrennern kann sogar reines Rapsöl verbrannt werden[220]. Unter dem Ziel der Minderung der CO_2-Emissionen bzw. der Schonung erschöpfbarer Energiereserven sind die Verwendung als Kraftstoff und als Heizöl prinzipiell gleichwertige Optionen. In beiden Verwendungslinien wird durch die Verwendung von einem Liter Rapsöl die gleiche Menge an CO_2-Emissionen eingespart und die gleiche Menge an fossilen Energieträgern substituiert. Daher ist von den beiden Alternativen diejenige überlegen, die die geringeren Kosten verursacht. Da der Einsatz von Rapsöl in Heizungsanlagen technisch wesentlich weniger anspruchsvoll ist als die Verwendung in Dieselmotoren, ist zu erwarten, daß die aufzuwendenden Kosten bei einer Verwendung als Heizöl deutlich niedriger sind als bei einer Verwendung als Kraftstoff[221]. Damit ist die Nutzung von Rapsöl als Treibstoff unter dem Gesichtspunkt der CO_2-Reduktionskosten nicht nur anderen Möglichkeiten der CO_2-Reduktion, sondern auch alternativen Verwendungen von Rapsöl unterlegen.

Trotz dieser Überlegenheit in Bezug auf die spezifischen CO_2-Reduktionskosten hat die Verwendung von Rapsöl als Heizöl unter den gegenwärtigen Rahmenbedingungen keine Chance, sich gegenüber einer Verwendung als Treibstoff durchzusetzen. Der Grund hierfür liegt in der speziellen steuerlichen Förderung der Rapsöltreibstoffe. Durch die Befreiung von der Mineralölsteuer verbessert sich die Wettbewerbsposition von Rapsöl bzw. RME gegenüber mineralischem Dieselkraftstoff um 0,62 DM/l bzw. unter Berücksichtigung des aus der Mehrwertsteuer resultierenden Effektes um 0,71 DM/l. Die Rapsöltreibstoffe werden damit aus einzelwirtschaftlicher Sicht gegenüber mineralischem Dieselkraftstoff konkurrenzfähig. Die Besteuerung von leichtem Heizöl beträgt hingegen nur 0,08 bzw. 0,09 DM/l. Damit fällt die Verbesserung der Konkurrenzfähigkeit von Rapsöl bei einer Verwendung als Heizöl durch die Befreiung von der Mineralölsteuer deutlich niedriger aus als bei einer Verwendung als Treibstoff. Dieser Betrag reicht bei weitem nicht aus, um das Wettbewerbsdefizit der Verwendung von Rapsöl gegenüber leichtem Heizöl zu beseitigen.

---

[220] Vgl. Bertram (1992), S. 30; Wintzer u.a. (1993), S. IV-10.
[221] Vgl. Wintzer u.a. (1993), S. IV-65.

Damit beschreitet der Staat mit der derzeitigen Förderung der Rapsöltreibstoffe aus volkswirtschaftlicher Sicht einen doppelten Irrweg. Zum einen fördert er mit der energetischen Verwendung der Rapsöltreibstoffe eine aus volkswirtschaftlicher Sicht nicht förderungswürdige Option, zum anderen fördert er von den möglichen energetischen Verwendungen von Rapsöl auch noch eine im Vergleich zu anderen energetischen Verwendungen besonders ineffiziente Verwendung.

6.3 Der Einsatz von Rapsöl in ökologisch sensiblen Bereichen

Aufgrund der dargestellten Vorteile der Rapsöltreibstoffe im Umweltbereich wird gelegentlich gefordert, ihre Verwendung auf ökologisch besonders sensible Bereiche zu konzentrieren[222]. Als Beispiele werden Taxen, Omnibusse, Fahrzeuge in Wasserschutzgebieten, Motorboote und Yachten auf Binnengewässern genannt. In diesem Kapitel soll analysiert werden, ob es sich bei diesen Bereichen um geeignete Nischenbereiche handelt, in denen der Einsatz von Rapsöltreibstoffen angebracht sein könnte. Damit dies der Fall ist, müßte sich in ökologisch sensiblen Bereichen für die Verwendung von Rapsöltreibstoffen eine andere Kosten-Nutzen-Relation errechnen als für die übrigen potentiellen Verwendungsbereiche. In den vorangegangenen Kapiteln wurde gezeigt, daß die Verwendung von Rapsöltreibstoffen für die normalen Einsatzbereiche aus volkswirtschaftlicher Sicht abzulehnen ist, da den mit der Verwendung verbundenen hohen Kosten kein entsprechend hoher Nutzen gegenübersteht. In ökologisch sensiblen Bereichen sind die Kosten der Nutzung von Rapsöl prinzipiell gleich hoch wie die Kosten einer Verwendung in anderen Anwendungsbereichen. Abweichungen könnten allerdings im Bereich der Nutzen auftreten. Damit man für ökologisch sensible Bereiche zu einem besseren Kosten-Nutzen-Verhältnis kommen kann als für die übrigen Verwendungsbereiche, müßten sich daher bei einer Verwendung von Rapsöltreib-

[222] Vgl. z.B. Bertram (1995), S. 397.

stoffen in umweltsensiblen Bereichen höhere Nutzen errechnen als bei einer Verwendung in den übrigen potentiellen Anwendungsgebieten.

Da es sich bei dem Erdklima um ein globales Umweltgut handelt, ist es für den Bereich der Klimagase irrelevant, an welchem Ort sie emittiert werden. Jede Emission eines Klimagases hat unabhängig von dem Ort, an dem sie emittiert wird, die gleiche klimatische Wirkung[223]. Daher ist insbesondere der Nutzen einer Reduktion der CO_2-Emissionen unabhängig von dem Ort, an dem es reduziert wird. Insofern ergibt sich für den Bereich der CO_2-Emissionen beim Einsatz von Rapsöl in ökologisch sensiblen Bereichen dasselbe Kosten-Nutzen-Verhältnis wie in anderen potentiellen Verwendungsbereichen. Daher kann der Einsatz von Rapsöl in ökologisch sensiblen Bereichen nicht mit einer Reduktion der CO_2-Emissionen bzw. der Reduktion anderer Klimagase begründet werden.

Eine andere Situation liegt für die mit der Verwendung von Rapsöltreibstoffen bzw. von mineralischem Dieselkraftstoff verbundenen Emissionen von konventionellen Schadstoffen vor. Diese Schadstoffe haben nur einen begrenzten Wirkungskreis, so daß es bei der Emission dieser Schadstoffe prinzipiell eine Rolle spielt, an welchem Ort sie emittiert werden. Insbesondere kann bei diesen Emissionen das Problem der sogenannten „hot spots" auftreten. Dies sind regionale oder örtliche Konzentrationen von schädlichen Stoffen, die an den jeweiligen Orten eine weit überdurchschnittliche Belastung bzw. Gefährdung verursachen können[224]. Daher könnte bei diesen Schadstoffen prinzipiell ein Ansatzpunkt liegen, um den Einsatz von Rapsöltreibstoffen zu begründen. Allerdings liegen für den Bereich der konventionellen Schadstoffe keine eindeutigen Vorteile einer Verwendung von Rapsöltreibstoffen im Vergleich zu einer Verwendung von mineralischem Dieselkraftstoff vor[225]. Insofern kann der Einsatz von Rapsöltreibstoffen in ökologisch sensiblen Bereichen auch nicht mit der geringeren Emission konventioneller Schadstoffe begründet werden.

---

[223] Vgl. Stähler (1990), S. 179.
[224] Vgl. Blank, Ströbele (1994), S. 553.
[225] Vgl. Reinhardt (1999).

Eine weitere mögliche Begründungslinie für den Einsatz von Rapsöltreibstoffen in ökologisch besonders sensiblen Bereichen ist die deutlich bessere biologische Abbaubarkeit der Rapsöltreibstoffe im Vergleich zu mineralischem Dieselkraftstoff. Rohes Rapsöl ohne Zusatzstoffe wird unter idealen Bedingungen innerhalb von einer Woche nahezu vollständig abgebaut und gehört deshalb der Wassergefährdungsklasse 1 an, während mineralischer Dieselkraftstoff in die Wassergefährdungsklasse 2 eingestuft wird[226]. Allerdings müssen dem rohen Rapsöl aus Gründen der Motorenverträglichkeit, Lagerfähigkeit und Winterfestigkeit verschiedene chemische Substanzen zugemischt werden. Es kann jedoch davon ausgegangen werden, daß diese Zusatzstoffe kein größeres Risiko für die Umwelt darstellen als die Additive im Dieselkraftstoff. Im Erdreich können kleinere und mittlere Mengen an Rapsöl relativ leicht abgebaut werden. Bei größeren Mengen wird die Selbstreinigungskraft des Bodens allerdings überfordert. Deshalb muß bei einem Unfall das kontaminierte Erdreich entfernt und in einer biologischen Behandlungsanlage gereinigt werden[227]. Insgesamt dürfte damit die Vorteilhaftigkeit von Rapsöl bei einem Austritt aus dem Tank ins Erdreich vergleichsweise gering sein, so daß es wenig wahrscheinlich ist, daß sich für die Verwendung von Rapsöltreibstoffen in diesen Bereichen eine positive Nutzen-Kosten-Differenz ergibt. Damit bleibt als Hauptvorteil der Rapsöltreibstoffe gegenüber mineralischem Dieselkraftstoff ihre bessere biologische Abbaubarkeit im Wasser. In allen anderen ökologisch sensiblen Bereichen ergibt sich gegenüber den sonstigen potentiellen Anwendungsbereichen von Rapsöltreibstoffen keine Verbesserung des Nutzen-Kosten-Verhältnisses, so daß der Einsatz von Rapsöltreibstoffen in diesen Bereichen aus volkswirtschaftlicher Sicht nicht empfohlen werden kann. Um die Frage des Einsatzes von Rapsöltreibstoffen auf Gewässern zu klären, bedarf es weiterer Analysen.

Auf den ersten Blick besteht für den Einsatz auf Gewässern eine ähnliche Argumentation, wie bei der Frage der Verwendung von Schmierstoffen auf Rapsölbasis bei den sogenannten Verlustschmierungen, d.h. bei Verwendungen, bei denen auch im Falle ordnungsgemäßer Verwendung der Maschinen nicht auszuschließen ist, daß der Schmierstoff aus der Maschine austritt und in die Umwelt gelangen kann.

---

[226] Vgl. Wintzer u.a. (1993), S. IV-76.
[227] Vgl. Wintzer u.a. (1993), S. IV-76.

Dies ist zum Beispiel beim Einsatz von Kettensägen oder bei Hydrauliken landwirtschaftlicher Maschinen möglich. Bei genauerer Betrachtung stellt man jedoch fest, daß die beiden Situationen nicht vergleichbar sind. Im Gegensatz zur Verlustschmierung tritt im Falle der Nutzung von Kraftstoffen bei ordnungsgemäßer Verwendung kein Kraftstoff aus der Maschine aus. Zum Austreten des Kraftstoffs kommt es nur bei einem Unfall bzw. einem technischen Defekt. Das Austreten von Kraftstoff kann also prinzipiell auch durch Erhöhung der Sicherheitsvorkehrungen verhindert werden.

In einem solchen Fall hat man mindestens zwei Handlungsoptionen. Zum einen kann man schnell abbaubare Treibstoffe verwenden, um im Falle eines Austretens des Kraftstoffs eine Umweltbelastung in größerem Umfang zu verhindern. Zum anderen besteht aber auch die Möglichkeit, die Sicherheitsvorkehrungen zur Verhinderung eines Austretens von Kraftstoff zu erhöhen und die Maschine weiterhin mit mineralischem Dieselkraftstoff zu betreiben. Beide Maßnahmen können analog zu den in den vorangegangenen Kapiteln durchgeführten Kosten-Wirksamkeits-Analysen miteinander verglichen werden. Der einzige Unterschied besteht darin, daß es sich bei den zu vergleichenden Maßnahmen nicht um vollständige Substitute handelt, da bei den Maßnahmen zur Erhöhung der Sicherheitsvorkehrungen auch nach deren Durchführung weiterhin ein - wenn auch geringeres - Restrisiko verbleibt und es trotz der erhöhten Sicherheitsvorkehrungen zu einen Defekt oder einem Unfall mit der Folge des Austretens von Kraftstoff kommen kann.

Um eine solche Situation untersuchen zu können, bietet sich die Anwendung von risikoökonomischen Überlegungen an. Aus ökonomischer Sicht ist die Übernahme eines gewissen Risikos durchaus sinnvoll, da nicht nur die möglichen Schäden eines bestimmten Verfahrens, sondern auch die mit diesem Verfahren erreichbaren Vorteile berücksichtigt werden müssen. In diesem Aspekt unterscheidet sich die ökonomische von der technischen Risikoanalyse. Bei einer technischen Risikoanalyse werden in erster Linie die Gefahren einzelner Technologien analysiert und nach Möglichkeit minimiert. Eine ökonomische Risikoanalyse berücksichtigt hingegen über die möglichen Unfälle und Risiken hinaus auch die Gründe, die den Einsatz einer Technologie erst rechtfertigen, wie im Falle der Verwendung von

Treibstoffen z.B. die Nachfrage nach Transportleistungen[228]. Eine solche Betrachtung ist sinnvoll und notwendig, denn niemand würde sich für eine Technologie entscheiden, wenn mit ihr nicht die Erwartung positiv bewerteter Folgen bzw. Nutzen verbunden wäre. Eine Entscheidung zugunsten einer Technologie kann nur dann als sinnvoll angesehen werden, wenn die mit ihr verbundenen Chancen größer sind als die erwarteten Risiken.

Bezüglich der Verwendung von Rapsöl bzw. von mineralischem Dieselkraftstoff als Treibstoff stellt sich folgendes Entscheidungsproblem. Man hat die Wahl zwischen einer sicheren Strategie, in diesem Fall dem Einsatz von Rapsöltreibstoff, und einer Strategie mit einem vergleichsweise geringen Restrisiko, in diesem Fall dem Einsatz von mineralischem Dieselkraftstoff. Dabei zeichnet sich die Alternative mit dem geringen Restrisiko dadurch aus, daß mit ihr deutlich niedrigere Kosten verbunden sind als mit der sicheren Strategie. Es liegt hier also ein Trade-off zwischen den verbleibenden Risiken und den Chancen der beiden Technologien vor. Die Frage, die es zu beantworten gilt, lautet, ob die Vorteile bei einer Verwendung von mineralischem Dieselkraftstoff ausreichend hoch sind, um das geringe Restrisiko in Kauf zu nehmen. Ein Vergleich alternativer Technologien ist mit den Methoden der ökonomischen Entscheidungstheorie möglich[229]. Allerdings stellt eine solche Analyse große Anforderungen an das notwendige Datenmaterial. So benötigt man Aussagen über die Wahrscheinlichkeit eines Austretens von mineralischem Dieselkraftstoff aus dem Tank, die Höhe der dadurch verursachten Kosten sowie der Risikoneigung der beteiligten Personen. Bei der Quantifizierung dieser Größen trifft man auf erhebliche methodische Schwierigkeiten, so daß es beim gegebenen Kenntnisstand nicht möglich ist, das vorliegende Problem methodisch einwandfrei zu lösen. Es kann daher gegenwärtig bezüglich der Vorteilhaftigkeit eines Einsatzes von Rapsöltreibstoffen auf Gewässern trotz der hohen Kostennachteile des Rapsöls keine abschließende Aussage getroffen werden. D.h. es ist nicht auszuschließen, daß man für den Einsatz auf Gewässern verglichen mit dem Einsatz in den übrigen potentiellen Verwendungsbereichen letztlich zu einer positiven Beurteilung der Rapsöltreibstoffe gelangen kann. Dies bedeutet nicht, daß der Einsatz von Rapsöl in

---

[228] Vgl. Erdmann (1992), S. 189.
[229] Vgl. z.B. Erdmann (1992), S. 186 ff.

diesen Nischenbereichen empfohlen werden kann, sondern vielmehr, daß für diese Bereiche im Unterschied zu den übrigen Bereichen gegebenenfalls weitere detaillierte Untersuchungen angebracht sind, um die Sinnhaftigkeit eines Einsatzes definitiv zu klären.

6.4 Schlußfolgerungen

Die Analysen im fünften Teil dieser Studie haben gezeigt, daß die Förderung der Verwendung von Rapsöl als Treibstoff unter Ausklammerung der umwelt- und energiepolitischen Aspekte aus volkswirtschaftlicher Sicht nicht empfohlen werden kann. Sinn dieses sechsten Teils der Studie war es nun, zu untersuchen, ob man zu einer günstigeren Bewertung kommt, wenn man die energie- und umweltpolitischen Aspekte der Verwendung von Rapsöltreibstoff einbezieht. Die Analyse hat gezeigt, daß der Beitrag zur Energieversorgung bei einer subventionierten Substitution von Mineralöl durch Rapsöltreibstoffe nicht nur relativ gering wäre, sondern bei Berücksichtigung aller Faktoren insgesamt negativ ist. Auch im Hinblick auf die Verminderung des Treibhauseffektes kann der Einsatz von Rapsöl als Treibstoff nicht als nützliches Konzept angesehen werden. Das Rapsölkonzept gehört zu den bei weitem teuersten CO_2-Minderungsstrategien. Bei Durchführung anderer CO_2-Minderungsoptionen kann mit demselben Kostenaufwand eine sehr viel höhere CO_2-Reduktion erreicht werden als durch die Verwendung von Rapsöl als Treibstoff. Insgesamt muß man also zu dem Ergebnis kommen, daß die Einbeziehung der umwelt- und energiepolitischen Aspekte nicht zu einer Verbesserung der im volkswirtschaftlichen Teil abgeleiteten Ergebnisse führt, sondern daß sich eine Förderung des Einsatzes von Rapsöl als Treibstoff als verfehlte Strategie darstellt. Auch unter Einbeziehung der umwelt- und energiepolitischen Aspekte kann die Förderung der Verwendung von Rapsöl als Treibstoff aus volkswirtschaftlicher Sicht nicht empfohlen werden.

7. Zusammenfassung der Hauptergebnisse und Gesamtbeurteilung der Verwendung von Rapsöl als Treibstoff

Abschließend sollen die wesentlichen Ergebnisse der vorliegenden Studie zusammengefaßt und eine abschließende Beurteilung einer Förderung der Verwendung von Rapsöl als Treibstoff aus volkswirtschaftlicher Sicht gegeben werden.

Im betriebswirtschaftlichen Teil dieser Studie wurde gezeigt, daß sich der Anbau von Non-food-Raps für einen durchschnittlichen landwirtschaftlichen Betrieb unter den gegebenen Rahmenbedingungen nicht lohnt. Lediglich für Betriebe mit guten Anbaubedingungen für Raps und niedrigen variablen Kosten des Rapsanbaus kann der Anbau von Non-food-Raps unter den gegenwärtigen Preisbedingungen gegenüber der reinen Flächenstillegung die überlegene Strategie darstellen. Daher erfolgt der Anbau von Non-food-Raps in der Bundesrepublik Deutschland zur Zeit nur auf einer vergleichsweise kleinen Fläche, so daß die Verwendung von Rapsöl gegenwärtig nur einen marginalen Beitrag zur Treibstoffversorgung leisten kann. Um einen spürbaren Beitrag zur Treibstoffversorgung leisten zu können, müßte der Anbau von Non-food-Raps deutlich ausgeweitet werden. Wie gezeigt, ist dies unter den gegebenen Rahmenbedingungen nicht zu erwarten. Hierbei spielt insbesondere eine Rolle, daß der Anbau von Non-food-Raps sich für einen landwirtschaftlichen Betrieb allenfalls in der kurzen Frist lohnen kann. Damit der Anbau auch in der langen Frist wettbewerbsfähig ist, reicht es nicht aus, in einer Deckungsbeitragsrechnung nur die variablen Kosten zu betrachten, sondern in der langen Frist müssen aus den Erlösen auch die fixen Kosten des Anbaus von Non-food-Raps abgedeckt sein. Dies ist selbst für Betriebe mit niedrigen variablen Kosten des Rapsanbaus kaum der Fall. Daher ist der Anbau von Non-food-Raps unter den gegenwärtigen Marktbedingungen langfristig nicht wettbewerbsfähig. Um eine deutliche Ausweitung des Anbaus von Non-food-Raps erreichen zu können, müßten zusätzliche Subventionen für den Anbau gewährt werden.

Der Non-food-Raps kann prinzipiell sowohl in den großen Ölmühlen der Ölmühlenindustrie als auch in Kleinpressen nach dem On-farm-Konzept verarbeitet werden. Wie gezeigt, sind die Großanlagen der Ölmühlenindustrie den Kleinpressen

wirtschaftlich überlegen, so daß aus ökonomischer Sicht eine Verarbeitung der Rapssaaten in zentralen Großanlagen erfolgen sollte. Jedoch liegen die Bereitstellungskosten für Rapsöl bzw. RME auch bei einer Verarbeitung der Rapssaat in den Großanlagen der Ölmühlenindustrie deutlich über den Bereitstellungskosten für mineralischen Dieselkraftstoff. Das Wettbewerbsdefizit der Rapsöltreibstoffe ist erheblich und würde sich bei einer deutlichen Ausdehnung der Produktionsmenge aufgrund zurückgehender Erlöse aus dem Verkauf der Beiprodukte Rapsschrot und Glycerin noch vergrößern. Damit beruht das Wettbewerbsdefizit der Rapsöltreibstoffe nicht darauf, daß sich deren Verwendung noch in der Markteinführungsphase befindet, sondern es ist struktureller Natur und wird dauerhaft erhalten bleiben. Daher ist auf lange Sicht eine umfassende staatliche Förderung notwendig, um die Absatzfähigkeit der Rapsöltreibstoffe sicherzustellen.

Das Wettbewerbsdefizit von Rapsöl gegenüber Dieselkraftstoff kann auch durch ein moderates Ansteigen der Preise für fossile Energieträger oder die Einführung einer Energie- bzw. CO_2-Steuer, wie sie zur Zeit auf EU-Ebene diskutiert wird, nicht beseitigt werden. Um das bestehende Wettbewerbsdefizit überbrücken zu können, müßten die Energiepreise weit über ein aus heutiger Sicht zu erwartendes Niveau ansteigen bzw. die Steuersätze einer Energie- oder CO_2-Steuer müßten deutlich über dem Niveau liegen, welches gegenwärtig diskutiert wird. Rapsöltreibstoffe können zur Zeit nur deshalb mit mineralischem Dieselkraftstoff konkurrieren, weil sie von der Mineralölsteuer befreit sind. Zwar handelt es sich hierbei nicht um im Staatshaushalt explizit ausgewiesene Subventionen, die Befreiung der Rapsöltreibstoffe von der Mineralölsteuer stellt aber wie jede Steuervergünstigung eine Form der Subventionierung dar, deren Betrag als „tax expenditure" in Höhe der Steuermindereinnahmen auszuweisen ist. Wie gezeigt, würde bei einer deutlichen Ausweitung der Produktionsmengen selbst diese Mineralölsteuerbefreiung nicht ausreichen, um die Wettbewerbsfähigkeit der Rapsöltreibstoffe sicherzustellen. Will man eine solche Ausdehnung der Produktionsmengen erreichen, müßten deutlich höhere Subventionen gewährt werden.

Für die Landwirtschaft stellt die Nutzung von Rapsöl als Treibstoff eine wenig attraktive Alternative dar. Positive Beschäftigungseffekte können durch den Anbau

von Non-food-Raps nicht erreicht werden. Auch im Hinblick auf das Ziel der Einkommenssicherung für die Landwirtschaft ist die Verwendung von Rapsöl als Treibstoff wenig sinnvoll. Von den insgesamt aufgewendeten Mitteln wird nur ein vergleichsweise geringer Teil tatsächlich bei den Landwirten einkommenswirksam. Der Rest fällt an anderen Stellen in der Volkswirtschaft an oder geht aufgrund der mit der Verzerrung der Allokation verbundenen Zusatzlasten definitiv verloren. In diesem Zusammenhang ist darauf hinzuweisen, daß der EU mit den direkten Einkommenstransfers ein Instrument zur Verfügung steht, das eine deutlich höhere Einkommenseffizienz der Fördermittel aufweist. Würde man die für die Verwendung von Rapsöl als Treibstoff eingesetzten Finanzmittel als direkte Einkommenstransfers an die Landwirte auszahlen, so würden diese zu deutlich größeren Einkommenserhöhungen führen als bei einer Subventionierung der Verwendung von Rapsöl zu Treibstoffzwecken.

Es wurde gezeigt, daß die Verwendung von Rapsöl nicht nur durch Subventionierungen, sondern auch durch die im Rahmen der Marktordnung gewählten speziellen Regulierungen für den Anbau von Non-food-Raps gefördert wird. Durch diese Regulierungen wird der Anbau von Non-food-Raps sowohl vom Wettbewerb mit Food-Raps als auch vom Wettbewerb mit anderen Ackerfrüchten für Nahrungsmittelzwecke abgekoppelt. Nur aufgrund dieser künstlichen Wettbewerbsbeschränkung ist der Anbau von Raps für Non-food-Zwecke überhaupt konkurrenzfähig. Würde diese Wettbewerbsbeschränkung aufgehoben, so wäre der Anbau von Non-food-Raps trotz der derzeit gewährten Subventionen nicht wettbewerbsfähig, da er preislich nicht mit den anderen Formen der Bodennutzung konkurrieren kann.

Der Beitrag von Rapsöl zur Energieversorgung ist bei Einbeziehung aller Faktoren negativ. Wie gezeigt, kommt es durch den Einsatz von Rapsöl als Treibstoff nicht zu einer Schonung, sondern zu einer Verschwendung der nicht regenerierbaren Energieträger. Die Subventionierung eines nicht wettbewerbsfähigen Energieträgers verdrängt höhere Energiegewinnungsmöglichkeiten in alternativen Verfahren und verringert so die potentiellen Energiemengen einer Volkswirtschaft. Daher kann der Einsatz von Rapsöl als Treibstoff nicht mit energiepolitischen Argumenten begründet werden. Auch als CO_2-Minderungsmaßnahme ist die Verwendung von Rapsöl-

treibstoffen wenig sinnvoll. Da für die Implementierung einer aus volkswirtschaftlicher Sicht optimalen CO_2-Minderungsstrategie eine gesamtwirtschaftliche Betrachtung notwendig ist, muß sich Rapsöl mit sämtlichen alternativen CO_2-Minderungsoptionen messen lassen. Dabei schneiden nahezu alle anderen CO_2-Minderungsoptionen deutlich besser ab als die Verwendung von Rapsöl als Treibstoff. Selbst im Vergleich zu anderen nachwachsenden Rohstoffen bzw. anderen erneuerbaren Energieträgern schneiden die Rapsöltreibstoffe teilweise sehr viel schlechter ab. Daher handelt es sich bei der Verwendung von Rapsöl als Treibstoff unter dem Gesichtspunkt der CO_2-Reduktion um eine besonders unwirtschaftliche Maßnahme.

Faßt man die Ergebnisse zusammen, so muß man zu dem Schluß kommen, daß sich so gut wie keines der für eine Förderung von Rapsöltreibstoffen vorgebrachten Argumente bei einer eingehenden Analyse als stichhaltig erweist. Selbst die häufig genannten umwelt- und energiepolitischen Argumente halten einer genaueren Untersuchung nicht stand. Vielmehr erweist sich genau das Gegenteil als richtig. Die energie- und umweltpolitischen Argumente sprechen nicht für, sondern gegen eine Verwendung von Rapsöl als Treibstoff. Bei Würdigung aller Ergebnisse muß man daher zu dem Ergebnis kommen, daß die Förderung von Rapsöl als Treibstoff aus volkswirtschaftlicher Sicht nicht empfohlen werden kann. Die volkswirtschaftlichen Kosten des Rapsölkonzepts übersteigen seinen volkswirtschaftlichen Nutzen so deutlich, daß man selbst unter günstigsten Annahmen nicht zu einem anderen Ergebnis kommen kann.

Anhang 1: Ergebnisse der Deckungsbeitragsrechnungen für Non-food-Raps und Flächenstillegung

Tabelle 22: Ergebnisse der Deckungsbeitragsrechungen für Non-food-Raps (Neue Marktordnung)

	Ertrags-niveau dt/ha	Preis DM/dt	variable Kosten DM/ha	Deckungsbeitrag ohne Stillegungsprämie DM/ha	Deckungsbeitrag mit Stillegungsprämie DM/ha
Bund-Länder-Arbeits-gruppe Nachwachsende Rohstoffe (1995)	25	27	1000	-325	425
	30	27	1415	-605	145
	35	27	1478	-533	217
Geschlbauer (1994)	28,7	25	900		570
	30,2	33,4	950		811
Makowski, Michel (1994)	20	25	526		705
		32	526		845
		40	526		1005
	35	20	1003		603
		32	1003		848
		40	1003		1128
Janinhoff (1998)	28	28	1020	-236	
Pahl, Hoffmann, Steinhauser (1994)	40	30	1200		753
	35	30	1100		703
	40	25	1200		553
	30	30	1100		553
	25	30	1000		503
	25	25	900		478
	25	25	1100		278

Quelle: Eigene Zusammenstellung.

Tabelle 23: Ergebnisse der Deckungsbeitragsrechnungen für die Flächenstillegung

	Deckungsbeitrag ohne Stillegungsprämie DM/ha	Deckungsbeitrag mit Stillegungsprämie DM/ha
Bund-Länder-Arbeitsgruppe Nachwachsende Rohstoffe (1995)	-250	500
Makowski, Michel (1994)		598 (extensiv) 504 (intensiv)
Janinhoff (1998)	-230	
Pahl, Hoffmann, Steinhauser (1994)		503 - 653 je nach Anbaubedingungen

Quelle: Eigene Zusammenstellung.

Anhang 2: Auswirkungen eines Absinkens der Nebenprodukterlöse

Tabelle 24: Auswirkungen eines Absinkens des Preises für Rapsschrot auf 13 DM/dt auf die Bereitstellungskosten von RME

Preis für Rapsschrot	DM/100 kg Rapsschrot	13
Erlös für Rapsschrot	DM/100 kg Rapsöl	19,7
Bereitstellungskosten rohes Rapsöl	DM/100 kg Rapsöl	66,6 - 79,3
Bereitstellungskosten RME ab Werk	DM/100 kg Rapsöl	73,6 - 93,3
Kosten in Liter	DM/100 l RME	65,0 - 82,4
Bereitstellungskosten ab Tankstelle	DM/100 l RME	83,0 - 103,4

Tabelle 25: Auswirkungen eines Absinkens des Preises für Rapsschrot auf 13 DM/dt auf die Bereitstellungskosten von reinem Rapsöltreibstoff

Preis für Rapsschrot	DM/100 kg Rapsschrot	13
Erlös für Rapsschrot	DM/100 kg Rapsöl	19,7
Bereitstellungskosten rohes Rapsöl	DM/100 kg Rapsöl	66,6 - 79,3
Bereitstellungskosten Rapsöl ab Werk	DM/100 kg Rapsöl	69,6 - 87,3
Kosten in Liter	DM/100 l Rapsöl	64,0 - 80,3
Bereitstellungskosten ab Tankstelle	DM/100 l Rapsöl	82,0 - 101,3

Tabelle 26: Auswirkungen eines Absinkens des Preises für Rapsschrot auf 5 DM/dt auf die Bereitstellungskosten von RME

Preis für Rapsschrot	DM/100 kg Rapsschrot	5
Erlös für Rapsschrot	DM/100 kg Rapsöl	7,6
Bereitstellungskosten rohes Rapsöl	DM/100 kg Rapsöl	78,7 - 91,4
Bereitstellungskosten RME ab Werk	DM/100 kg Rapsöl	85,7 - 105,4
Kosten in Liter	DM/100 l RME	75,7 - 93,1
Bereitstellungskosten ab Tankstelle	DM/100 l RME	93,7 - 114,1

Tabelle 27: Auswirkungen eines Absinkens des Preises für Rapsschrot auf 5 DM/dt auf die Bereitstellungskosten von reinem Rapsöltreibstoff

Preis für Rapsschrot	DM/100 kg Rapsschrot	5
Erlös für Rapsschrot	DM/100 kg Rapsöl	7,6
Bereitstellungskosten rohes Rapsöl	DM/100 kg Rapsöl	78,7 - 91,4
Bereitstellungskosten Rapsöl ab Werk	DM/100 kg Rapsöl	81,7 - 99,4
Kosten in Liter	DM/100 l Rapsöl	75,2 - 91,4
Bereitstellungskosten ab Tankstelle	DM/100 l Rapsöl	93,2 - 112,4

Tabelle 28: Auswirkungen eines Absinkens der Marktpreise für Glycerin auf 100 DM/dt auf die Bereitstellungskosten von RME

Bereitstellungskosten rohes Rapsöl	DM/100 kg Rapsöl	48,3 - 61,0
Preis für Glycerin	DM/100 kg Glycerin	100
Erlös des Glycerins	DM/100 kg Rapsöl	10,6
Bereitstellungskosten RME ab Werk	DM/100 kg Rapsöl	58,7 - 78,4
Kosten in Liter	DM/100 l RME	51,8 - 69,2
Bereitstellungskosten ab Tankstelle	DM/100 l RME	69,8 - 90,2

Tabelle 29: Auswirkungen eines Absinkens der Marktpreise für Glycerin auf 60 DM/dt auf die Bereitstellungskosten von RME

Bereitstellungskosten rohes Rapsöl	DM/100 kg Rapsöl	48,3 - 61,0
Preis für Glycerin	DM/100 kg Glycerin	60
Erlös des Glycerins	DM/100 kg Rapsöl	6,3
Bereitstellungskosten RME ab Werk	DM/100 kg Rapsöl	63,0 - 82,7
Kosten in Liter	DM/100 l RME	55,6 - 73,0
Bereitstellungsosten ab Tankstelle	DM/100 l RME	73,6 - 94,0

Tabelle 30: Auswirkungen eines Absinkens des Preises für Rapsschrot auf 13 DM/dt und für Glycerin auf 100 DM/dt auf die Bereitstellungskosten von RME

Preis für Rapsschrot	DM/100 kg Rapsschrot	13
Erlös für Rapsschrot	DM/100 kg Rapsöl	19,7
Bereitstellungskosten rohes Rapsöl	DM/100 kg Rapsöl	66,6 - 79,3
Preis für Glycerin	DM/100 kg Glycerin	100
Erlös des Glycerins	DM/100 kg Rapsöl	10,6
Bereitstellungskosten RME ab Werk	DM/100 kg Rapsöl	77,0 - 96,7
Kosten in Liter	DM/100 l RME	68,0 - 85,4
Bereitstellungskosten ab Tankstelle	DM/100 l RME	86,0 - 106,4

Tabelle 31: Auswirkungen eines Absinkens des Preises für Rapsschrot auf 5 DM/dt und für Glycerin auf 60 DM/dt auf die Bereitstellungskosten von RME

Preis für Rapsschrot	DM/100 kg Rapsschrot	5
Erlös für Rapsschrot	DM/100 kg Rapsöl	7,6
Bereitstellungskosten rohes Rapsöl	DM/100 kg Rapsöl	78,7 - 91,4
Preis für Glycerin	DM/100 kg Glycerin	60
Erlös des Glycerins	DM/100 kg Rapsöl	6,3
Bereitstellungskosten RME ab Werk	DM/100 kg Rapsöl	93,4 - 113,1
Kosten in Liter	DM/100 l RME	82,5 - 99,9
Bereitstellungskosten ab Tankstelle	DM/100 l RME	100,5 - 120,9

Quelle: Eigene Berechnungen.

Anhang 3: Auswirkungen eines Absinkens der Verwaltungs-, Transport- und Vertriebskosten

Tabelle 32: Auswirkungen auf die Bereitstellungskosten von RME bei einem Rapsschrotpreis von 13 DM/dt:

Preis für Rapsschrot	DM/100 kg Rapsschrot	13
Erlös für Rapsschrot	DM/100 kg Rapsöl	19,7
Bereitstellungskosten rohes Rapsöl	DM/100 kg Rapsöl	66,6 - 79,3
Bereitstellungskosten RME ab Werk	DM/100 kg Rapsöl	73,6 - 93,3
Kosten in Liter	DM/100 l RME	65,0 - 82,4
Bereitstellungskosten ab Tankstelle	DM/100 l RME	75,0 - 97,4

Tabelle 33: Auswirkungen auf die Bereitstellungskosten von reinem Rapsöltreibstoff bei einem Rapsschrotpreis von 13 DM/dt:

Preis für Rapsschrot	DM/100 kg Rapsschrot	13
Erlös für Rapsschrot	DM/100 kg Rapsöl	19,7
Bereitstellungskosten rohes Rapsöl	DM/100 kg Rapsöl	66,6 - 79,3
Bereitstellungskosten Rapsöl ab Werk	DM/100 kg Rapsöl	69,6 - 87,3
Kosten in Liter	DM/100 l Rapsöl	64,0 - 80,3
Bereitstellungskosten ab Tankstelle	DM/100 l Rapsöl	74,0 - 95,3

Tabelle 34: Auswirkungen auf die Bereitstellungskosten von RME bei einem Rapsschrotpreis von 5 DM/dt:

Preis für Rapsschrot	DM/100 kg Rapsschrot	5
Erlös für Rapsschrot	DM/100 kg Rapsöl	7,6
Bereitstellungskosten rohes Rapsöl	DM/100 kg Rapsöl	78,7 - 91,4
Bereitstellungskosten RME ab Werk	DM/100 kg Rapsöl	85,7 - 105,4
Kosten in Liter	DM/100 l RME	75,7 - 93,1
Bereitstellungskosten ab Tankstelle	DM/100 l RME	85,7 - 108,1

Tabelle 35: Auswirkungen auf die Bereitstellungskosten von reinem Rapsöltreibstoff bei einem Rapsschrotpreis von 5 DM/dt:

Preis für Rapsschrot	DM/100 kg Rapsschrot	5
Erlös für Rapsschrot	DM/100 kg Rapsöl	7,6
Bereitstellungskosten rohes Rapsöl	DM/100 kg Rapsöl	78,7 - 91,4
Bereitstellungskosten Rapsöl ab Werk	DM/100 kg Rapsöl	81,7 - 99,4
Kosten in Liter	DM/100 l Rapsöl	75,2 - 91,4
Bereitstellungskosten ab Tankstelle	DM/100 l Rapsöl	85,2 - 106,4

Tabelle 36: Auswirkungen auf die Bereitstellungskosten von RME bei einem Rapsschrotpreis von 13 DM/dt und einem Glycerinpreis von 100 DM/dt:

Preis für Rapsschrot	DM/100 kg Rapsschrot	13
Erlös für Rapsschrot	DM/100 kg Rapsöl	19,7
Bereitstellungskosten rohes Rapsöl	DM/100 kg Rapsöl	66,6 - 79,3
Preis für Glycerin	DM/100 kg Glycerin	100
Erlös des Glycerins	DM/100 kg Rapsöl	10,6
Bereitstellungskosten RME ab Werk	DM/100 kg Rapsöl	77,0 - 96,7
Kosten in Liter	DM/100 l RME	68,0 - 85,4
Bereitstellungskosten ab Tankstelle	DM/100 l RME	78,0 - 100,4

Tabelle 37: Auswirkungen auf die Bereitstellungskosten von RME bei einem Rapsschrotpreis von 5 DM/dt und einem Glycerinpreis von 60 DM/dt:

Preis für Rapsschrot	DM/100 kg Rapsschrot	5
Erlös für Rapsschrot	DM/100 kg Rapsöl	7,6
Bereitstellungskosten rohes Rapsöl	DM/100 kg Rapsöl	78,7 - 91,4
Preis für Glycerin	DM/100 kg Glycerin	60
Erlös des Glycerins	DM/100 kg Rapsöl	6,3
Bereitstellungskosten RME ab Werk	DM/100 kg Rapsöl	93,4 - 113,1
Kosten in Liter	DM/100 l RME	82,5 - 99,9
Bereitstellungskosten ab Tankstelle	DM/100 l RME	92,5 - 114,9

Quelle: Eigene Berechnungen.

Anhang 4: - Tabelle 38 - Abschätzung des potentiellen Verbrauchs von reinem Rapsöltreibstoff

	Einheit	Alte Bundesländer	Neue Bundesländer
Personenkraftwagen			
Neuzulassungen	1000	2.748	564
Gesamtbestand Fahrzeuge	1000	33.085	6.682
davon Diesel-Fahrzeuge	1000	4.870	489
Anteil der Diesel-Fahrzeuge am Bestand		14,7%	7,3%
Neuzulassungen Diesel-Fahrzeuge	1000	404,0	41,2
5% der Neuzulassungen (Diesel) mit Duotherm-Motor	1000	20,2	2,1
Durchschnittliche Fahrleistung Diesel-Fahrzeuge	1000 km	17,2	19,7
Durchschnittlicher Verbrauch Diesel-Fahrzeuge je 100 km	l	7,7	7,3
Rapsöl-Verbrauch der Neuwagen mit Duotherm-Motor	1000 l	26.753	3.020
Kraftomnibusse			
Neuzulassungen	1000	4	1
Gesamtbestand Fahrzeuge	1000	71	17
davon Diesel-Fahrzeuge	1000	71	16
Anteil der Diesel-Fahrzeuge am Bestand		100,0%	94,1%
Neuzulassungen Diesel-Fahrzeuge	1000	4,0	0,9
5% der Neuzulassungen (Diesel) mit Duotherm-Motor	1000	0,2	0,05
Durchschnittliche Fahrleistung Diesel-Fahrzeuge	1000 km	43,5	38,7
Durchschnittlicher Verbrauch Diesel-Fahrzeuge je 100 km	l	31,5	29,0
Rapsöl-Verbrauch der Neuwagen mit Duotherm-Motor	1000 l	2.741	561
Zugmaschinen			
Neuzulassungen	1000	34	9
Gesamtbestand Fahrzeuge	1000	541	96
davon Diesel-Fahrzeuge	1000	530	95
Anteil der Diesel-Fahrzeuge am Bestand		98,0%	99,0%
Neuzulassungen Diesel-Fahrzeuge	1000	33,3	8,9
5% der Neuzulassungen (Diesel) mit Duotherm-Motor	1000	1,7	0,4
Durchschnittliche Fahrleistung Diesel-Fahrzeuge	1000 km	16,2	34,7
Durchschnittlicher Verbrauch Diesel-Fahrzeuge je 100 km	l	34,5	31,9
Rapsöl-Verbrauch der Neuwagen mit Duotherm-Motor	1000 l	9.501	4.428
Lastkraftwagen			
Neuzulassungen	1000	143	54
Gesamtbestand Fahrzeuge	1000	1.624	490
davon Diesel-Fahrzeuge	1000	1.351	405
Anteil der Diesel-Fahrzeuge am Bestand		83,2%	82,7%
Neuzulassungen Diesel-Fahrzeuge	1000	119,0	44,7
5% der Neuzulassungen (Diesel) mit Duotherm-Motor	1000	6,0	2,2
Durchschnittliche Fahrleistung Diesel-Fahrzeuge	1000 km	27,8	22,7
Durchschnittlicher Verbrauch Diesel-Fahrzeuge je 100 km	l	24,4	23,7
Rapsöl-Verbrauch der Neuwagen mit Duotherm-Motor	1000 l	40.699	11.836
Übrige Kraftfahrzeuge			
Neuzulassungen	1000	22	4
Gesamtbestand Fahrzeuge	1000	534	62
davon Diesel-Fahrzeuge	1000	385	46
Anteil der Diesel-Fahrzeuge am Bestand		72,1%	74,2%
Neuzulassungen Diesel-Fahrzeuge	1000	15,9	3,0
5% der Neuzulassungen (Diesel) mit Duotherm-Motor	1000	0,8	0,2
Durchschnittliche Fahrleistung Diesel-Fahrzeuge	1000 km	12,8	12,3
Durchschnittlicher Verbrauch Diesel-Fahrzeuge je 100 km	l	27,2	28,8
Rapsöl-Verbrauch der Neuwagen mit Duotherm-Motor	1000 l	2.785	708
Σ Rapsöl-Verbrauch aller Neuwagen mit Duotherm-Motor	1000 l	82.479	20.553

Quelle: Eigene Berechnungen auf Basis von Rieke (1996); Bundesverkehrsministerium (1996); Kraftfahrtbundesamt, telefonische Auskunft vom 03.06.1998.

Anhang 5: Auswirkungen eines allgemeinen Energiepreisanstiegs auf die relative Wettbewerbsposition von RME

Tabelle 39: Energiekosten der RME-Produktion

	Einheit	Kosten	Energie-kosten-anteil	Energie-kosten	Anstieg der Energie-kosten um 20%	Anstieg der Energie-kosten um 40%
Transportkosten	DM / t Rapssaat	63,28	15,3%	9,68	1,94	3,87
Ölsaatenentölung						
variable Kosten	DM / t Rapssaat			19,58	3,92	7,83
fixe Kosten	DM / t Rapssaat	18,28	11,7%	2,14	0,43	0,86
Pflanzenölaufarbeitung						
filtern	DM / t Rapsöl	6,01	21,6%	1,30	0,26	0,52
entschleimen	DM / t Rapsöl	9,98	28,8%	2,87	0,57	1,15
entsäuern	DM / t Rapsöl	12,20	17,1%	2,09	0,42	0,84
desodorieren	DM / t Rapsöl	7,66	38,7%	2,96	0,59	1,18
bleichen	DM / t Rapsöl	40,29	10,8%	4,35	0,87	1,74
Rapssaatenproduktion						
variable Kosten	DM / ha Rapssaat	981,00	24,7%	242,31	48,46	96,92
	DM / t Rapssaat	39,24	24,7%	9,69	1,94	3,88
Umesterung	DM / t Rapsöl			7,82	1,56	3,13

Quelle: eigene Berechnungen auf Basis von Leifert (1996), S. 105.

Tabelle 40: Auswirkungen eines Anstiegs der Energiekosten auf die Bereitstellungskosten

	Einheit	Anstieg der Energie-kosten 20%	Anstieg der Energie-kosten 40%
Preise für Non-Food-Raps	DM / dt Rapssaat	+ 0,19	+ 0,39
Transportkosten	DM / dt Rapssaat	+ 0,19	+ 0,39
Kosten der Ölgewinnung	DM / dt Rapssaat	+ 0,44	+ 0,87
Rohstoffkosten für rohes Rapsöl	DM / dt Rapsöl	+ 2,09	+ 4,17
Kosten der Umesterung	DM / dt Rapsöl	+ 0,43	+ 0,86
Bereitstellungskosten für RME ab Werk	DM / dt Rapsöl	+ 2,52	+ 5,03
Kosten pro 100 l RME	DM / 100 l RME	+ 2,22	+ 4,44
Kosten pro 100 l DKÄ	DM / 100 l DKÄ	+ 2,42	+ 4,84

Quelle: eigene Berechnungen.

Anhang 6: Subventionsbedarf und haushaltsmäßige Konsequenzen

Szenario I:

Anbaufläche	250 000 ha
Ertrag	25 dt/ha
Rapssaat	625 000 t
Rapsöl	250 000 t
RME	220,8 Mio. l
entgangene Mineralölsteuer	136,9 Mio. DM
Reduktion des Mehrwertsteueraufkommens[1]	20,5 Mio. DM
Subventionsbedarf	157,4 Mio. DM
Subventionsbedarf pro l RME	0,71 DM/l

Szenario II:

Anbaufläche	1 300 000 ha
Ertrag	25 dt/ha
Rapssaat	3 250 000 t
spezifische Subventionen für den Anbau von Non-food-Raps	325 Mio. DM
Rapsöl	1 300 000 t
RME	1 147,9 Mio. l
entgangene Mineralölsteuer	711,7 Mio. DM
Reduktion des Mehrwertsteueraufkommens[1]	106,8 Mio. DM
Subventionsbedarf	1 143,5 Mio. DM
Subventionsbedarf pro l RME	1,00 DM/l

Szenario III:

Anbaufläche	1 300 000 ha
Ertrag	25 dt/ha
Rapssaat	3 250 000 t
spezifische Subventionen für den Anbau von Non-food-Raps	325 Mio. DM
Rapsöl	1 300 000 t
RME	1 147,9 Mio. l
Subventionen zum Ausgleich des aus den Beiprodukten resultierenden Defizits	137,7 Mio. DM
entgangene Mineralölsteuer	711,7 Mio. DM
Reduktion des Mehrwertsteueraufkommens[1]	106,8 Mio. DM
Subventionsbedarf	1 281,2 Mio. DM
Subventionsbedarf pro l RME	1,12 DM/l

Szenario IV:

Anbaufläche	1 300 000 ha
Ertrag	25 dt/ha
Rapssaat	3 250 000 t
spezifische Subventionen für den Anbau von Non-food-Raps	325 Mio. DM
Rapsöl	1 300 000 t
RME	1 147,9 Mio. l
Subventionen zum Ausgleich des aus den Beiprodukten resultierenden Defizits	298,5 Mio. DM
entgangene Mineralölsteuer	711,7 Mio. DM
Reduktion des Mehrwertsteueraufkommens[1]	106,8 Mio. DM
Subventionsbedarf	1 442,0 Mio. DM
Subventionsbedarfpro l RME	1,26 DM/l

1) bei einem Mehrwertsteuersatz von 15 %

Quelle: Eigene Berechnungen.

Anhang 7: Auswirkungen der RME-Erzeugung auf den Außenbeitrag

Szenario I:

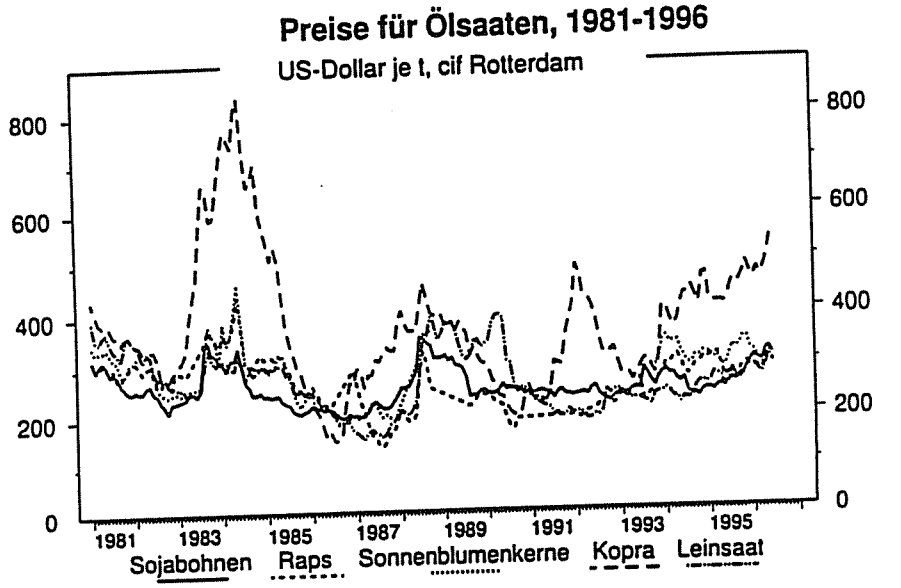
Rapssaat	625 000 t
Rapsöl	250 000 t
Rapsschrot	373 750 t
Glycerin	26 500 t
Dieselkraftstoff - substituierte Importmenge - Einfuhrpreis - Importwert	 217 500 t 316 DM/t 68,7 Mio. DM
Sojaschrot - substituierte Importmenge - Einfuhrpreis - Importwert	 281 981 t 450 DM/t 126,9 Mio. DM
Glycerin - substituierte Importmenge - Einfuhrpreis - Importwert	 26 500 t 2300 DM/t 61,0 Mio. DM
Summe Importwert	256,6 Mio. DM

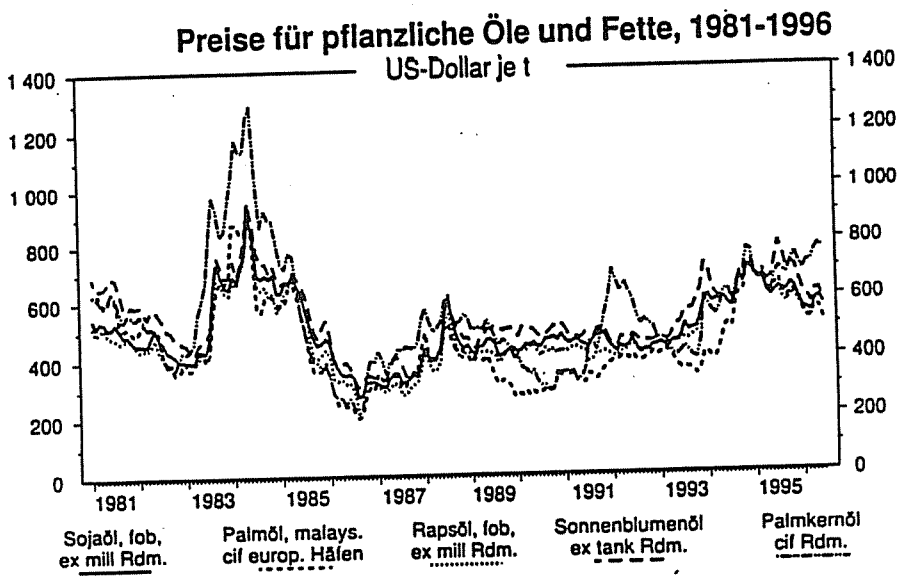
Szenario II:

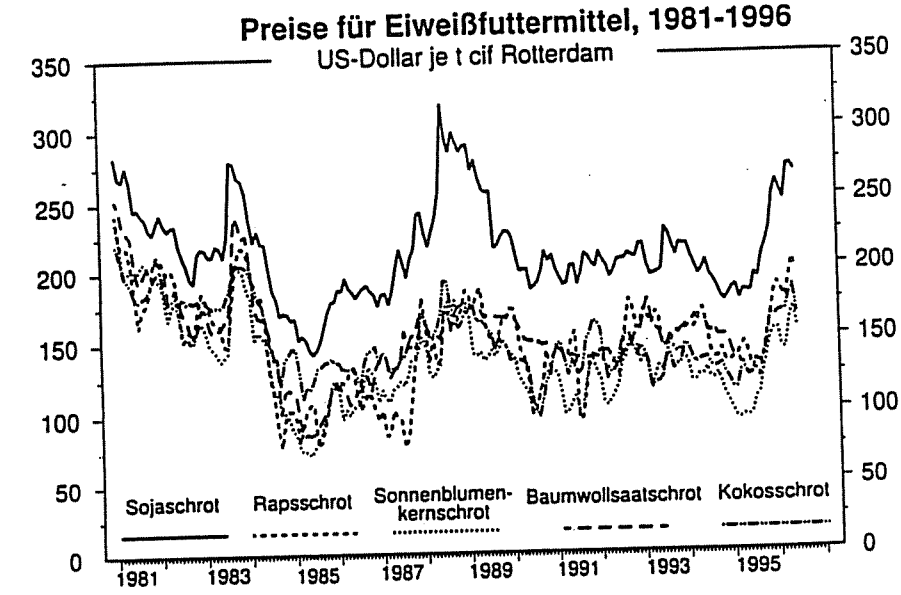
Rapssaat	3 250 000 t
Rapsöl	1 300 000 t
Rapsschrot	1 943 500 t
Glycerin	137 800 t
Dieselkraftstoff - substituierte Importmenge - Einfuhrpreis - Importwert	 1 131 000 t 316 DM/t 357,4 Mio. DM
Sojaschrot - substituierte Importmenge - Einfuhrpreis - Importwert	 138 200 t 450 DM/t 62,2 Mio. DM
Glycerin - substituierte Importmenge - Einfuhrpreis - Importwert	 43 871 t 2300 DM/t 100,9 Mio. DM
Summe Importwert	520,5 Mio. DM

Quelle: Eigene Berechnungen.

Anhang 8: Preisentwicklung auf den Märkten für Ölsaaten, pflanzliche Öle und Eiweißfuttermittel







Quelle: Uhlmann (1996), S. 41 f.

Anhang 9:
CO_2-Minderungskosten für Maßnahmen an Gebäudehüllen

Abbildung 8: CO_2-Minderungskosten für Maßnahmen an der Gebäudehülle von Wohngebäuden bis zum Jahr 2020 in Deutschland

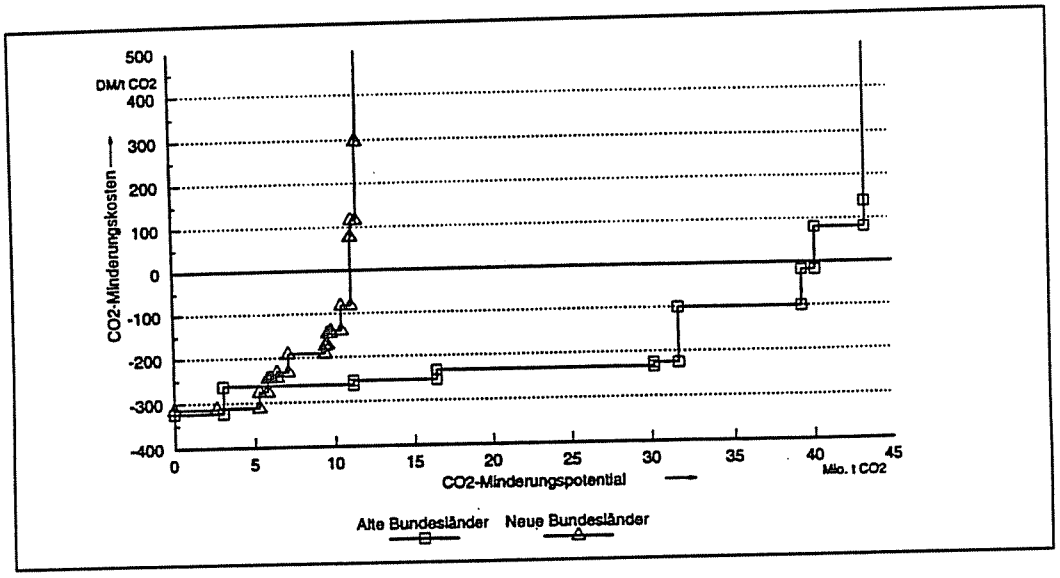
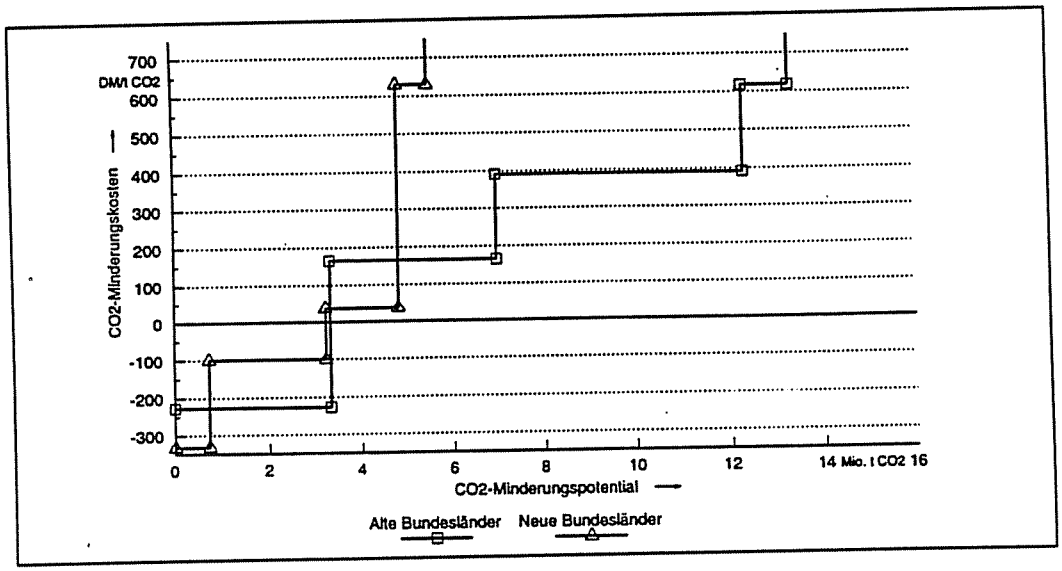


Abbildung 9: CO_2-Minderungskosten für Maßnahmen an der Gebäudehülle von Nichtwohngebäuden bis zum Jahr 2020 in Deutschland



Quelle: Fahl u.a. (1995), S. 78.

Literaturverzeichnis

Alston, M./Hurd, B. (1990): Some Neglected Social Costs of Government Spending in Farm Programs, in: American Journal of Agricultural Economics 72, S. 149-156.

Auerbach, A. (1992): Nachwachsende Rohstoffe als regenerative Energieträger am Beispiel Raps, Münster.

Baumol, W./Wolff, E. (1981): Subsidies to New Energy Sources: Do They Add to Energy Stocks?, in: Journal of Political Economy 89, S. 891-913.

Bertram, H.-J. (1992): Die Marktchancen für Ölpflanzen wachsen, in: Deutsche Bauernkorrespondenz 45, S. 30-33.

Bertram, H.-J. (1993a): Rapsanbau auf Stillegungsflächen, Biodiesel-Produktion - eine vielversprechende Alternative, in: Raps 11, S. 152-155.

Bertram, H.-J. (1993b): Anbau zur Biodiesel-Produktion – eine vielversprechende Alternative, in: Deutsche Bauernkorrespondenz 46, S. 357-359.

Bertram, H.-J. (1994a): Ölsaatenernte 1995 – Kürzung der Ausgleichsbeträge kann vermieden werden, in: Deutsche Bauernkorrespondenz 47, S. 416-417.

Bertram, H.-J. (1994b): Den Rapsanbau auf Stillegungsflächen umwidmen, in: Deutsche Bauernkorrespondenz 47, S. 91-93.

Bertram, H.-J. (1995): Die Biodiesel-Strategie der UFOP. Potentielle Anwender gewinnen, in: Deutsche Bauernkorrespondenz 48, S. 397-403.

Bertram, H.-J. (1996): Der Ölsaatenmarkt und das Blair-House-Abkommen, in: Deutsche Bauernkorrespondenz 49, S. 97-99.

Bickert, C. (1995): Wachstumsmarkt Ölsaaten, in: DLG-Mitteilungen 110, S. 53-55.

Blanck, J./Ströbele, W. (1994): Das CO_2-Problem aus umweltökonomischer Sicht, in: Wirtschaftswissenschaftliches Studium 23, S. 552-557.

Blümel, H./Wein, K. (1996): Kosteneffizienz alternativer Pkw-Antriebe, in: Energiewirtschaftliche Tagesfragen 46, S. 164-170.

Bockey, D. (1998): Biodieselvermarktung in Deutschland, in: Raps 16, S. 76-78.

Browning, E./Browning, J. (1994): Public Finance and the Price System, 4th Ed., Englewood Cliffs, New Jersey.

Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (1998): Merkblatt zur Verwendungskontrolle Nachwachsende Rohstoffe, Internetseiten unter www.inaro.de/deutsch/Rahmenbe/blemerk.htm, heruntergeladen am 31.08.1998.

Bundesanstalt für Getreide-, Kartoffel- und Fettforschung (1996): Markierung von Rapsöl für den Nahrungsmittelbereich, Additive sollen Subventionsbetrug sichtbar machen, in: Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten (Hrsg.), Forschungsreport 2-96, Internetseiten unter www.dainet.de/BML/forschungsreport/rep2-96/news3.htm, heruntergeladen am 10.07.1998.

Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten, Hrsg. (1995): Die Europäische Agrarreform, Bonn.

Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten, Hrsg. (1996): Statistisches Jahrbuch über Ernährung, Landwirtschaft und Forsten 40, Münster-Hiltrup.

Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten (1997): BMELf-Informationen Nr. 5 vom 03. Februar 1997, Internetseiten unter www.dainet.de/BML/Pressedienst/pd9705/02.htm, heruntergeladen am 16.03.1998.

Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten (1998): Die Europäische Agrarreform, Pflanzlicher Bereich, Erntejahr 1998, Flankierende Maßnahmen, Bonn.

Bundesregierung (1991): Antwort der Bundesregierung auf die Kleine Anfrage der Abgeordneten Michael Müller u.a., Rapsöl als nachwachsender Kraftstoff, Bundestagsdrucksache 12/682 vom 06.06.1991, Bonn.

Bundesverkehrsministerium, Hrsg. (1996): Verkehr in Zahlen 1996, Bonn.

Bund-Länder-Arbeitsgruppe Nachwachsende Rohstoffe (1990): Bericht des Bundes und der Länder über Nachwachsende Rohstoffe, Münster-Hiltrup.

Bund-Länder-Arbeitsgruppe Nachwachsende Rohstoffe (1995): Bericht des Bundes und der Länder über Nachwachsende Rohstoffe 1995, Münster.

Cansier, D. (1987): Bekämpfung des Treibhauseffektes aus ökonomischer Sicht, Berlin, Heidelberg, New York.

Daun, M. (1993): Bewertung von Technologien zur Verringerung der Emission und zur Entsorgung von Kohlendioxid, Dortmund.

Deutsche Shell AG (1995): Energie im 21. Jahrhundert, Aktuelle Wirtschafts-analysen, Heft 25, Hamburg.

Deutsche Shell AG (1998): Öl in der Welt, Internetseiten unter www.deutsche-shell.de/weltoe/oelwel.htm, heruntergeladen am 02.07.1998.

Deutscher Bundestag, Hrsg. (1996): Agrarbericht 1996, Agrar- und ernährungs-politischer Bericht der Bundesregierung, Bundestagsdrucksache 13/3680, Bonn.

Doleschel, P./Steinhauser, H./Heißenhuber, A. (1988): Pflanzenöl als Kraftstoff – eine Alternative für den Rapsanbau?, in: Bayerisches Landwirtschaftliches Jahrbuch 26, S. 899-923.

Elsbett, G. (1990): Pflanzenöl als umweltschonenden Kraftstoff nutzen, in: Handelsblatt vom 19.12.1990.

Elsbett-Technologie GmbH (1998a): Fahrzeugantriebe durch Elsbett-Motoren, Internetseiten unter www.elsbett.com/antrieb.htm, heruntergeladen am 04.06.1998.

Elsbett-Technologie GmbH (1998b): Auf Pflanzenöl umrüstbare Mercedes-Benz Fahrzeuge, Internetseiten unter www.elsbett.com/uliste.html, heruntergeladen am 02.07.1998.

Endres, A. (1995): Die externen Kosten der Energiewirtschaft – Methodologische Probleme ihrer monetären Bewertung, in: Zeitschrift für Energiewirtschaft 19, S. 305-313.

Enquete-Kommision „Gestaltung der technischen Entwicklung, Technikfolgen-Abschätzung und -Bewertung" (1990): Nachwachsende Rohstoffe, Bonn.

Erdmann, G. (1992): Energieökonomik – Theorie und Anwendungen, Zürich, Stuttgart.

ESSO AG (1996): ESSO-Energieprognose '96, Industrie verbraucht weniger Strom, Hamburg.

ESSO AG (1997): ESSO-Energieprognose '97, Mehr Strom aus Gas, Hamburg.

ESSO AG (1998a): Bio-Mär und Wahrheit, Internetseiten unter www.esso.de/umwelt/rapsoel/biomaer/biomaer_01.html, heruntergeladen am 27.04.1998.

ESSO AG (1998b): Wie lange reicht das Öl noch?, Internetseiten unter www.esso.de/infoservice/downloads/files/energie.pdf, heruntergeladen am 20.06.1998.

Europäische Kommission, Generaldirektion Landwirtschaft, GD VI (1997): Getreide, Ölsaaten und Eiweißpflanzen – Lage und Ausblick, Brüssel.

Europäische Kommission, Generaldirektion Landwirtschaft, GD VI (1998): „Agenda 2000" – Vorschläge der Kommission, Internetseiten unter www.europa.eu.int/en/comm/ dg06/ag2000/agprop/mot_de.htm, heruntergeladen am 15.5.1998.

Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe (1998): Anbau nachwachsender Rohstoffe in Deutschland, Internetseiten unter www.dainet.de/fnr/stat/anbau.htm, heruntergeladen am 15.06.1998.

Fahl, U. u.a. (1995): Emissionsminderung von energiebedingten klimarelevanten Spurengasen in der Bundesrepublik Deutschland und in Baden-Württemberg, Stuttgart.

Fichtner, W. u.a. (1996): Die Wirtschaftlichkeit von CO_2-Minderungsoptionen, in: Energiewirtschaftliche Tagesfragen 46, S. 504-509.

Fiedler, R.-G./Helfer, M./Essers, U. (1994): Energieeinsparung und CO_2-Minderung im Verkehr - Fahrzeugtechnik -, Stuttgart.

Folkers, C. (1992): Nachwachsende Rohstoffe: förderungswürdige Option oder verfehlte Strategie? – Das Beispiel Rapsöl - , in: List Forum 18, S. 144-171.

Folkers, C. (1995): Wirkungen der Energiebesteuerung. Einkommens- und Lenkungsaspekte, Inzidenzproblematik, Grenzen der Energiebesteuerung – Theorie und empirischer Befund -, in: Hansmeyer, H.- K./Klemmer, P./Schmitt, D. (Hrsg.), Energiebesteuerung und ökologischer Umbau des Steuersystems, Essen, S. 87-100.

Friedrich, A. u.a. (1993): Ökologische Bilanz von Rapsöl bzw. Rapsölmethylester als Ersatz von Dieselkraftstoff (Ökobilanz Rapsöl), Berlin.

Gerster, H.-J. (1996): IKARUS: Erste Ergebnisse einer CO_2-Reduktionsstrategie für das Jahr 2005, Potentiale und gesamtwirtschaftliche Mehrkosten für die alten Bundesländer, in: Energiewirtschaftliche Tagesfragen 46, S. 200-207.

Geschlbauer, G. (1994): Positive Tendenz für Stillegungsraps, in: Raps 12, S. 121-123.

Goy (1998): Energie aus Raps: Eine aussichtsreiche Option?, in: DIW-Wochenbericht 28/98, Internetseiten unter www.diw-berlin.de/diwwbd/98-28-2.html, heruntergeladen am 10.07.1998.

Graf, T./ Breitschuh, G./ Vetter, A. (1994): Standpunkt zur alternativen Verwertung von Raps, in: Landwirtschaftliche Untersuchungs- und Forschungsanstalt Thüringen (Hrsg.), Rapsverwertung, Sonderheft 1994, Jena, S. 7-14.

Grosskopf, W./Kappelmann, K.-H. (1994): Analyse des Rapsschrot-/Expeller-Marktes, in: Schliephake, D./ Hacker, C.-M. (Hrsg.), Verbundprojekt zur Ermittlung der landwirtschaftlichen, prozeßtechnischen und verfahrenstechnischen Rahmenbedingungen für die Verwendung von Rapsöl und seiner Umwandlungsprodukte als Kraftstoff, Velbert, S. 114-155.

Grüne, M. (1997): Subventionen in der Demokratie, Frankfurt am Main u.a.O.

Hagedorn, R. (1991): Theorie der Steuerhinterziehung, in: Wirtschaftswissenschaftliches Studium 20, S. 523-526.

Haris, J./Leininger, M./Lendle, M. (1996): Landwirte fordern bessere und stabile Rahmenbedingungen für den Anbau nachwachsender Rohstoffe, in: Berichte über Landwirtschaft 74, S. 514-526.

Heim, N. (1997): Die Vorschläge der EU sind mit großen Verlusten verbunden, in: Deutsche Bauernkorrespondenz 50, S. 7-9.

Heitland, H. (1990): Möglichkeiten und Potentiale neuer Kraftstoffe im Verkehr, in: Enquete-Kommission „Vorsorge zum Schutz der Erdatmosphäre" des Deutschen Bundestages (Hrsg.), Energie und Klima, Bd. 6, Bonn.

Hensing, J./Schmitt, D./Drasdo, P. (1996): Daten zur Entwicklung der Kosten- und Ertragslage der Mineralölindustrie in der Bundesrepublik Deutschland im Jahre 1995, in: Zeitschrift für Energiewirtschaft 20, S. 107-120.

Hoel, M./Isaksen, I. (1993): Efficient Abatement of Different Greenhouse Gases, Memorandum from Department of Economics, University of Oslo, No. 5/1993 Oslo.

Informationssystem Nachwachsende Rohstoffe (1998): Öle – Energie, Internetseiten unter www.inaro.de/deutsch/Rohstoff/Energie/Oele/Biodiesel3.htm, heruntergeladen am 31.08.1998.

Institut der Deutschen Wirtschaft Köln (1997): Zahlen zur wirtschaftlichen Entwicklung der Bundesrepublik Deutschland, Köln.

Janetschek, H. (1991): Rapsölmethylester (RME) als Substitut für Dieselkraftstoff in Österreich, Wien.

Janinhoff, A. (1998a): Wettbewerbskraft und Vorzüglichkeit des Winterrapsanbaus heute und morgen!, erscheint in: Raps 3/98.

Janinhoff, A. (1998b): Zur Wettbewerbsfähigkeit des Rapsanbaus, Internetseiten unter www.dainet.de/oelmuehlen/flwr.htm, heruntergeladen am 05.05.1998.

Kaltschmitt, M./ Wiese, A. (1994): Technische Energiepotentiale, substituierbare End- und Primärenergieäquivalente und Kosten erneuerbarer Energieträger in Deutschland, in: Zeitschrift für Energiewirtschaft 18, S. 41-64.

Kaltschmitt, M./Stelzer, T./Wiese, A. (1996): Ganzheitliche Bilanzierung am Beispiel einer Bereitstellung elektrischer Energie aus regenerativen Energien, in: Zeitschrift für Energiewirtschaft 20, S. 177-197.

Kleinhanß, W. (1989): Strukturelle Bedingungen und ökonomische Konsequenzen der Produktion und Nutzung von Rapsöl als Treibstoffsubstitut in der Landwirtschaft der Bundesrepublik Deutschland, in: Berichte über Landwirtschaft 67, S. 256-285.

Kleinhanß, W. (1993a): Pflanzenöle als Treibstoff – Erzeugung, Nutzung, Perspektiven, in: Flaig, H. (Hrsg.), Energie aus Biomasse: eine Chance für die Landwirtschaft, Berlin, S. 84-116.

Kleinhanß, W. (1993b): Wettbewerbsfähigkeit der Rapserzeugung unter den durch die EG-Agrarreform veränderten ökonomischen Rahmenbedingungen, in: Landbauforschung Völkerode 43, S. 154-165.

Kleinhanß, W./Kerckow, B./Schrader, H. (1992): Kosten-Nutzenanalyse: Rapsöl im Nichtnahrungsmittelbereich, kosten-nutzenanalytische Bewertung der Produktion und Nutzung von Rapsöl für Treibstoff-, Schmierstoff- und technische Zwecke, Münster-Hiltrup.

Kommission der Europäischen Gemeinschaft (1992): Vorschlag für eine Richtlinie des Rates zur Einführung einer Steuer auf Kohlendioxidemissionen und Energie, Rats-Dokument Nr. 7018/92, 4./30.06.1992.

Kommission der Europäischen Union (1998): Besteuerung von Energieerzeugnissen, Steuer auf Kohlendioxidemissionen und Energie, Internetseiten unter europa.eu.int/comm/sg/scadplus/leg/de/lvb/131016.htm, heruntergeladen am 08.07.1998.

Koßmehl, S.-O. (1995): Bewertung der technischen, ökologischen und ökonomischen Bedingungen für den Einsatz von Biokraftstoffen im Kraftfahrzeug, Berlin.

Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft (1996): Standarddeckungsbeiträge 1995/96, Internetseiten unter www.dainet.de/ktbl/abt3/stdb/a3stdb96.htm, heruntergeladen am 13.05.1998.

Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft (1997): Standarddeckungsbeiträge 1996/97, Internetseiten unter www.dainet.de/ktbl/abt3/stdb/a3stdb97.htm, heruntergeladen am 13.05.1998.

Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft (1998): Verfahrenskosten Pflanzenproduktion: Winterraps, Internetseiten unter www.dainet.de/ktbl/abt3/prak/wr.txt, heruntergeladen am 27.5.1998.

Lampe, M. von (1997): Modelling Effects on World Agricultural Markets using Watsim, in: Eurostat/Institute for Agricultural Policy of the University of Bonn (eds.), The Effects of a Worldwide Liberalisation of the Markets for Cereals, Oilseeds and Pulses on Agriculture in the European Union, Luxembourg.

Landwirtschaftskammer Hannover (1998): Rentabilität des Industrie- und Energiepflanzenanbaus, Entwicklung des gesamtbetrieblichen Deckungsbeitrags, Internetseiten unter: www.lwk-hannover.de/lwk/fachinfo/nawaroh/oek_db.htm, heruntergeladen am 16.09.1998.

Landwirtschaftskammer Westfalen-Lippe (1993): Nachwachsende Rohstoffe statt Stillegung? Rentabilität – Vorschriften – Anbau und Verwertung, Münster.

Langbehn, C./ Meyer, J. (1994): Zur Wettbewerbskraft des Rapsanbaus in Deutschland unter veränderten Bedingungen, in: Raps 12, S. 116 – 120.

Langbehn, C./Meyer, J. (1995): Kalkulationen zur Rentabilität von Konsum- und Industrieraps, in: Raps 13, S. 92-98.

Leifert, K.-J. (1996): Zukunftsperspektiven der Erzeugung und Verwendung von Pflanzenöl als Motortreibstoff in der EU, Frankfurt am Main u.a.O.

Makowski, N./ Michel, H.-J. (1994): Anbau von Ölpflanzen als nachwachsende Rohstoffe auf Stillegungsflächen, in: Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft (Hrsg.), 2. Jenaer Rapstag, Jena.

Masuhr, K.P. u.a. (1990): Austausch fossiler Energieträger untereinander, in: Enquete-Kommission "Vorsorge zum Schutz der Erdatmosphäre" des Deutschen Bundestages (Hrsg.): Energie und Klima, Bd. 4, Fossile Energieträger, Bonn, Karlsruhe, S. 323-387.

Matthies, K. (1998): Ende des Preisrückganges auf den internationalen Rohstoffmärkten?, in: Wirtschaftsdienst 78, S. 241-244.

May, H./ Hattingen, U./ Adt, U. (1996): Untersuchung der Alltagstauglichkeit, der Umweltverträglichkeit und der Dauerstandfestigkeit von „Elsbett"-Dieselmotoren bei Verwendung von rohen Pflanzenölen als Kraftstoff, Kaiserslautern.

Mayerhofer, P./Friedrich, R. (1996): Die Schadenskosten der Klimaänderung, in: Energiewirtschaftliche Tagesfragen 46, S. 58-64.

Mineralölwirtschaftsverband e.V. (1997a): Mineralöl-Zahlen 1996, Hamburg.

Mineralölwirtschaftsverband e.V. (1997b): Sicherung des Raffineriestandortes Deutschland, Hamburg.

Mineralölwirtschaftsverband (1998): Mineralölzahlen 1997, Hamburg.

Murphy, D./Bramm, A./Walker, K.C. (1996): Energy from Crops, Cambridge.

Musgrave, R.A./Musgrave, P.B./Kullmer, L. (1993). Die öffentlichen Finanzen in Theorie und Praxis, Bd. 2, 5. Aufl., Tübingen.

Oelmühle Leer Connemann GmbH. & Co. (1998): Rapsöl oder Biodiesel, Internetseiten unter www.biodiesel.de/rapsoel2.htm, heruntergeladen am 19.06.1998.

Organisation for Economic Co-Operation and Development (1994): The World Oilseed Market: Policy Impacts and Market Outlook, Paris.

Organisation for Economic Co-Operation and Development (1998): The Agricultural Outlook 1998-2003, Paris.

Ortmaier, E. (1990): Betriebswirtschaftliche Aspekte bei der Erzeugung von Ölsaaten unter Berücksichtigung umweltrelevanter Faktoren, in: Schriftenreihe des Bundesministeriums für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten, Heft 391, Pflanzliche Öle im chemisch-technischen Sektor, Münster.

o.V. (1994a): Non-Food-Raps, Preise, Mengen, Perspektiven. Was können wir erwarten?, in: Agrar-Übersicht 45, S. 12-15.

o.V. (1994b): Rapsanbau auf Stillegungsflächen, in: Raps 12, S. 65-67.

o.V. (1994c): Biodiesel, Umfrage: Welche Chancen gibt die Mineralölindustrie dem RME?, in: Agrar-Übersicht 45/4, S. 8.

Pahl, H./ Hoffmann, H./ Steinhauser, H. (1994): Ölsaatenanbau unter wechselnden Rahmenbedingungen - Anbauperspektiven, dargestellt am Beispiel Bayern -, in: Raps 12, S. 107-115.

Pezaros, P. (1998): Agenda 2000: Reforming the Common Agricultural Policy Further, in: Eipascope No. 1998/1, S. 22-29.

Posner, R.A. (1971): Taxation by Regulation, in: The Bell Journal of Economics and Management Science 2, S. 22-50.

Reinhardt, G. (1993): Energie- und CO_2-Bilanzierung nachwachsender Rohstoffe, theoretische Grundlagen und Fallstudie Raps, Braunschweig, Wiesbaden.

Reinhardt, G. (1999): Ressourcen und Energiebilanzen: Rapsöl und RME im Vergleich zu Dieselkraftstoff, aktualisierte Version, Heidelberg.

Ressing, W. (1993): Die CO_2-Energiesteuer – Chance oder Risiko für die Wettbewerbsfähigkeit der deutschen Wirtschaft?, in: Energiewirtschaftliche Tagesfragen 43, S. 299-306.

Rieke, H. (1996): Weiterhin Wachstum von Fahrleistungen und Kraftstoffverbrauch im Straßenverkehr, DIW-Wochenbericht 14/96, Internetseiten unter www.diw-berlin.de/diwwbd/96-14-2.html, heruntergeladen am 25.05.1998.

Rupalla, R. (1996): Abschied von Träumen, in: DLG-Mitteilungen 111, S. 60-61.

Sauermann, W. (1993): Vorfruchteffekte von Winterraps - Versuchsergebnisse aus Schleswig-Holstein -, in: Raps 11, S. 118-120.

Schäfer, A./Naber, D./Gairing,M. (1998): Biodiesel als alternativer Kraftstoff für Mercedes-Benz-Dieselmotoren, in: Mineralöltechnik 3/1998.

Scharmer, K./Golbs, G. (1997): Biodiesel, Energie- und Umweltbilanz Rapsölmethylester, Jülich.

Scharmer, K./ Sauer, M. (1991): Motorentriebstoff aus Pflanzenöl – eine Alternativstrategie zur Nutzung landwirtschaftlicher Flächen in der EG, Aldenhoven.

Schefski, A./Kleinhanß, W. (1994): Nachwachsender Rohstoff Raps – Betriebswirtschaftliche Perspektiven -, in: AID-Informationen für die Agrarberatung 2, Nr. 5408, S. 11-23.

Schefski, A./Kleinhanß, W. (1995): Betriebswirtschaftliche Perspektiven der Food- und Non-food-Rapserzeugung in Deutschland, Braunschweig.

Schmoltzi, M. (1989): Technische und ökonomische Betrachtungen zur Verwendung von Rapsöl als Kraft- und Schmierstoff, in: Berichte über Landwirtschaft 67, S.401-425.

Schneider, H.K./Schmitt, D. (1983): Energiepolitik und Besteuerung, in: Hansmeyer, K.-H. (Hrsg.): Staatsfinanzen im Wandel, Berlin, S. 745-763.

Schöpe, M. (1996): Volkswirtschaftliche Aspekte einer Herstellung von Biodiesel in Deutschland, Vortrag gehalten auf dem 2nd European Motor Biofuels Forum in Graz vom 22.-25.09.1996.

Schrader, J.-V. (1990): Volkswirtschaftliche Bewertung der Nutzung von Energiepflanzen, Kieler Arbeitspapier 425, Institut für Weltwirtschaft an der Universität Kiel, Kiel.

Schrader, J.-V. (1994): Nachwachsende Rohstoffe: Umweltfreundlicher Weg aus der Agrarkrise oder neues Subventionsloch?, Kieler Diskussionsbeitäge 238, Institut für Weltwirtschaft an der Universität Kiel, Kiel.

Stähler, F. (1990): Eine Analyse möglicher Instrumente zur Reduktion von CO_2-Emissionen in der Bundesrepublik Deutschland, in: Zeitschrift für Energiewirtschaft 14, S. 178-193.

Statistisches Bundesamt (1997): Statistisches Jahrbuch 1997 für die Bundesrepublik Deutschland, Wiesbaden.

Steinhauser, H. (1991): Die neue Marktordnung für Ölsaaten – Konsequenzen für den Anbau von Raps und Sonnenblumen, in: Agrarwirtschaft 41, S. 149-151.

Stiens, H./Löhr, U. (1994): Biodiesel – wirtschaftlich bedeutende Absatzpotentiale vorhanden, in: Raps 12, S. 70-72.

Synassen, O. (1991): Situationsanalyse zur Problematik nachwachsender Rohstoffe, Gutachten für das Ministerium für Landwirtschaft, Weinbau und Forsten Rheinland-Pfalz, Mainz.

Uhlmann, F. (1996): Ölsaatenmarkt 1996/97, Frankfurt am Main.

Union zur Förderung von Oel- und Proteinpflanzen e.V. (UFOP) (1992): Stellungnahme zum Entwurf der Studie des Umweltbundesamtes „Ökologische Bilanz von Rapsöl bzw. Rapsmethylester als Ersatz von Dieselkraftstoff" (Ökobilanz Rapsöl), Bonn.

Union zur Förderung von Oel- und Proteinpflanzen e.V. (UFOP) (1998): Häufig gestellte Fragen zum Thema Biodiesel, Internetseiten unter www.agranet.de/_ufop/bd_fag/htm#was, heruntergeladen am 24.08.1998.

Verband Deutscher Oelmühlen e.V. (1997): Die Bedeutung der Ölsaaten im Rahmen der zukünftigen Agrarpolitik der EU, Positionspapier des Verbandes Deutscher Oelmühlen e.V., Bonn.

Verband Deutscher Oelmühlen e.V. (1998): Auszug aus dem Geschäftsbericht 1997/98, Nachwachsende Rohstoffe, Bonn.

Voß, A. (1991): Energie und Klima: Ist eine klimaverträgliche Energieversorgung erreichbar?, in: Schumann, P./ Voß, A. (Hrsg.): Energie, Umwelt und Klima – Eine wachsende Herausforderung für Europa, Köln, S. 70-99.

Wintzer, D. u.a. (1993): Technikfolgenabschätzung zum Thema Nachwachsende Rohstoffe, Münster.