

ÖKOBILANZ BIODIESEL

Eine Studie der Bundesanstalt für Landtechnik
im Auftrag des Bundesministeriums für Land- und Forstwirtschaft

März 1999

Manfred Wörgetter, Marion Lechner, Josef Rathbauer



INHALT

INHALT	0
GEGENSTAND UND HINTERGRUND	2
LANDWIRTSCHAFT UND ENERGIE	4
ERZEUGUNG VON BIODIESEL.....	5
BIODIESEL UND UMWELT – METHODEN DER BEWERTUNG	6
UNTERSUCHTE STUDIEN	8
Übersicht.....	8
Energie aus Biomasse – Energiebilanzstudie (<i>Cabela et al., Wien 1982</i>).....	9
Ökonomische und ökologische Bewertung von alternativen Treibstoffen (<i>Knoflacher et al., Wien 1991</i>).....	10
Ökologische Risikoanalyse und Wirtschaftlichkeitsberechnungen der landwirtschaftlichen Rapsmethylester-Produktion sowie zweier alternativer Anbauszenarien („ <i>Carbotech-Studie</i> “, <i>Schweiz 1991</i>)	11
Ökologische Bilanz von Rapsöl bzw. Rapsölmethylester als Ersatz von Dieselmotorkraftstoff („ <i>UBA-Studie</i> “, <i>Berlin 1993</i>).....	12
„Biofuels“ (<i>IEA-Studie, Paris 1994</i>).....	13
Energy balance, ecological impact and economics of vegetable oil methylester production in Europe as substitute for fossil diesel (<i>Scharmer et al., Jülich 1996</i>)	14
Nachwachsende Energieträger – Grundlagen, Verfahren, ökologische Bilanzierung (Kaltschmidt und Reinhardt, 1997)	15
An Overview of Biodiesel and Petroleum Diesel Life Cycles (<i>DOE-Studie, USA 1998</i>) .	16
Volkswirtschaftliche Kosten - Wirksamkeitsanalyse von Maßnahmen zur Reduktion von CO ₂ -Emissionen in Österreich („ <i>BMU-Studie</i> “, <i>Graz 1998</i>)	17
UMWELTRELEVANTE EIGENSCHAFTEN VON BIODIESEL.....	18
ZUSAMMENFASSUNG, SCHLUSSFOLGERUNGEN	19

GEGENSTAND UND HINTERGRUND

Der forcierte Einsatz biogener Energie erfordert eine sorgfältige Bewertung der damit verbundenen ökologischen Effekte, wobei der Begriff der Umweltauswirkungen sehr weit gespannt werden kann¹. Aus österreichischer Sicht erscheinen Faktoren wie lebenswerte und funktionsfähige Regionen, reines Wasser, reine Luft und gesunde Nahrung von besonderer Bedeutung. Bioenergie zielt nicht nur auf die Minderung von Emissionen, sondern auch auf neue Arbeitsplätze, geringere Energieimporte, Sicherung der Energieversorgung und den Erhalt bäuerlicher Familienbetriebe.

Europa hat im Kyoto-Protokoll die Verpflichtung einer 8%-igen CO₂-Minderung für die Zielperiode 2008 bis 2012 übernommen. Das Weißbuch der Europäischen Kommission „Energie für die Zukunft: Erneuerbare Energie“ hält eine Verdoppelung der Energieerzeugung aus erneuerbaren Quellen bis 2010 für möglich. Die Strategien im Weißbuch betonen die Rolle der Biomasse, die Bioenergie erhält im Mix der erneuerbaren Energieträger die größte Bedeutung.

Weißbuch erneuerbare Energie: geschätzte CO₂-Minderung bis 2010

	Biomasse	Wind	Kleinwasser- kraft	Sonnen- energie	Geo- Thermie	Photo- voltaik	Gesamt
Mio t/a	255	72	48	19	5	3	402
%	63	18	12	5	1	1	100

Im Energiemix spielen die Treibstoffe eine besondere Rolle. Der Verkehrssektor ist auf hochwertige, für den Betrieb bestehender Flotten geeignete Kraftstoffe angewiesen. Während für stationäre Energieanlagen eine Reihe von Energiequellen eingesetzt werden können, sind die Möglichkeiten im Transportsektor sehr begrenzt. Ethanol für Ottomotoren und

¹ Die OECD nennt für die Landwirtschaft folgende Indikatoren: Einsatz von Düngemitteln, Pestiziden und Wasser, Verbrauch bzw. Erhalt von Fläche, Einflüsse auf Boden und Grundwasser, Emission von Treibhausgasen, Biodiversität und Lebensraum für Wildtiere, Erhalt der Landschaft, Existenzfähigkeit der landwirtschaftlichen Betriebe sowie sozio-kulturelle Faktoren.

Biodiesel für Dieselmotoren sind derzeit die einzigen technisch realisierbaren erneuerbaren Treibstoffe.

Seit der Energiekrise 1973 ist in einer Reihe von Untersuchungen die Umweltverträglichkeit von Bioenergieketten mit steigender Intensität und Tiefe behandelt worden. Zu Beginn konzentrierten sich die Arbeiten auf die Bilanzierung des Einsatzes fossiler und die Bereitstellung erneuerbarer Energie, später wurden in Lebenszyklusanalysen die mit dem gesamten Lebenszyklus verbundenen (Schad-) Stoffströme untersucht. Mit steigendem Wissen über Komplexität, Einflußgrößen und Emissionsfaktoren wurden die Analysen ständig verfeinert und verbessert.

Die vorliegende Studie enthält eine vergleichende Analyse der wesentlichen Arbeiten der letzten zwei Dekaden zum Thema, fasst die wesentlichen Ergebnisse zusammen und weist auf die Unterschiede in den Methoden sowie den Ergebnissen hin, wobei im Besonderen auf die Frage der CO₂-Emission eingegangen wird. Die verfügbaren Untersuchungen lassen eine sichere Beurteilung des Einflusses treibhausgasrelevanter Gase zu und sind somit als Entscheidungsbasis für die zu erwartenden Maßnahmen geeignet.

Für eine gesellschaftsrelevante Bewertung biogener Treibstoffe sind darüber hinaus eine Reihe unterschiedlicher und voneinander unabhängiger Faktoren wie z.B. die Sicherung der Energie-, Nahrungs- und Futtermittelversorgung, Erhalt der Kulturlandschaft, Außenhandelsbilanz usw. zu betrachten. Eine Bilanz der ökologischen Effekte ist notwendig, für eine Gesamtbewertung aber keineswegs hinreichend.

LANDWIRTSCHAFT UND ENERGIE

Die Landwirtschaft ist der einzige Sektor unserer Wirtschaft, der mehr Energie erzeugt als er verbraucht. Bei einem jährlichen Bedarf an Energie von ca. 50 PJ erzeugt die Land- und Forstwirtschaft Produkte (Nahrungsmittel, Futtermittel, Rohstoffe, Nebenprodukte) mit einem Energieinhalt von ca. 500 PJ. Energie aus Biomasse hat auch im technischen Bereich Eingang gefunden. Zum Gesamtenergieverbrauch Österreichs von 1286 PJ trägt Biomasse derzeit bereits 11% bei.

Das Weißbuch der Europäischen Kommission „Energie für die Zukunft: Erneuerbare Energie“ unterstellt, dass bei einer Verdoppelung des Anteils erneuerbarer Energie in Europa die Hälfte der zusätzlichen Energie aus Biomasse durch Energiepflanzen gedeckt wird. Die Bedeutung der flüssigen Energieträger für den Transportsektor unterstreicht die Richtlinie 92/81, die eine Steuerbefreiung im Rahmen von Pilotprojekten bis zu einem Anteil von 2 % am Treibstoffmarkt vorsieht.

ERZEUGUNG VON BIODIESEL

Biodiesel wird in Österreich vorwiegend aus Raps hergestellt. Österreichs Landwirte haben im vergangenen Jahrzehnt Know-how über den Rapsanbau gesammelt, sind mit der Kultivierung vertraut und verfügen über „Gute Landwirtschaftliche Praxis“. Raps wird in einer Fruchtfolge von vier bis sechs Jahren angebaut, die empfohlenen Stickstoffgaben sind mit 120 bis 140 kg Reinstickstoff pro Hektar geringfügig höher als für Getreide.

Die Erzeugung von Rapsöl für Speisezwecke und als Rohstoff erfolgt mit einfachen, bewährten und effizienten Methoden. In Kleinanlagen wird die Saat bis auf einen Restfettgehalt von 10 bis 15 % abgepreßt. Die Ölmühle in Bruck setzt die Lösungsmittlextraktion ein, mit der ein Restfettgehalt im Kuchen von 1 bis 2 % erreicht wird.

Nach einer Vorreinigung ist das Öl zur Umesterung bereit. In Anwesenheit eines Katalysators (Natron- oder Kalilauge) entstehen in einem einfachen, energieintensiven Prozeß² unter Zugabe von Methanol aus den Triglyzeriden des Pflanzenöls Methylester der Fettsäuren (Rapsölmethylester = Biodiesel) und Glycerin. Das Glycerin wird durch Schwerkraft abgetrennt und gereinigt, der Biodiesel ist zum Gebrauch bereit.

Erzeugung von Raps

1 ha Raps liefert 2700 kg Saat
 1000 kg Saat wachsen auf 0,37 ha und enthalten:
 930 kg wasserfreie Substanz, davon
 372 kg Öl
 558 kg feste Bestandteile

Erzeugung von Rapsöl

1000 kg Saat liefert in der Industrieanlage:
 360 kg Öl und
 610 kg Ölkuchen mit
 12 kg Restfett und
 40 kg Wasser

Erzeugung von Biodiesel³

1000 kg Öl liefert unter Zugabe von 110 kg Methanol:
 1000 kg Rapsölmethylester und 110 kg Glycerin
 1 ha Raps liefert 972 kg Öl oder 972 kg bzw. 1070 Liter Biodiesel

² Die Reaktionen laufen bei Raumtemperatur, energieaufwendige Schritte sind nicht erforderlich, der technische Aufwand ist dank Verfahrensoptimierung gering

³ Typische Werte

BIODIESEL UND UMWELT – METHODEN DER BEWERTUNG

Die Energiekrise 1973 hat den Bedarf an alternativen Energieformen gezeigt und eine stetige Entwicklung in Richtung nachhaltiger Energiesysteme in Gang gesetzt. Für die Evaluierung neuer Energiesysteme wurden zunächst Energiebilanzen verwendet. Dabei werden die Zuflüsse fossiler Energie und die Bereitstellung erneuerbarer Energie bilanziert. Das Ergebnis wird als Verhältnis von Energieinput zu Energieoutput (I-O-Verhältnis) dargestellt. Die Bilanzen sind geeignet, für vergleichbare Systeme Aussagen zu liefern (z.B. für unterschiedliche Verfahren, die dasselbe Produkt erzeugen).

Ein Problem im Detail ist dabei die Festlegung der Systemgrenzen, wie folgende Beispiele zeigen:

- *Bei der Erzeugung von Sonnenblumenöl beträgt das I:O-Verhältnis 1:6,2; d.h. im Produkt ist die 6,2-fache Menge der eingesetzten fossilen Energie enthalten. Vorausgesetzt wird, dass die Energie des Nebenprodukts Stroh genutzt wird. Bei der Erzeugung von Rapsöl ohne Berücksichtigung der Energie im Stroh wird ein I:O-Verhältnis von 2,7 erreicht..*
- *Noch deutlicher wird der Unterschied bei Ethylalkohol („Biosprit“ für Ottomotoren). Bei Ethanol aus Mais, Nutzung der Energie im Stroh und Verfütterung der Schlempe errechnet sich ein I-O-Verhältnis von 1:5,1. Für die realistischere Version ohne Strohnutzung und Trocknung der Schlempe erhält man ein Verhältnis von 1:1.*

Das gestiegene Bewusstsein über die Bedeutung des Umweltschutzes und Umweltauswirkungen, die mit der Produktion und Anwendung von Biotreibstoffen im Zusammenhang stehen, haben das Interesse an Methoden, die dem besseren Verständnis und der Verringerung dieser Wirkungen dienen, erhöht. In den vergangenen Jahren wurde in internationaler Zusammenarbeit die Lebenszyklusanalyse (Life Cycle Assessment = LCA; „Ökobilanz“) als Methode zur Bewertung dieser Effekte entwickelt.

Ökobilanzen untersuchen die Umweltauswirkungen im Verlauf des Lebensweges eines Produkts; sie können helfen,

- Möglichkeiten zu Verbesserungen aufzuzeigen,
- Entscheidungen in Regierungen und der Industrie zu finden,
- Indikatoren der Umweltleistungen neuer Produktlinien zu zeigen und
- Marketing bei umweltbezogenen Produktdeklarationen umzusetzen.

Die Ökobilanz ist eine von mehreren Methoden und muss nicht in jedem Fall am besten geeignet sein. Die Methode befindet sich im Anfangsstadium der Entwicklung, praktische Erfahrungen sind noch zu sammeln. Üblicherweise werden ökonomische und soziale Aspekte nicht berücksichtigt. Der Untersuchungsrahmen und die Systemgrenzen hängen vom Untersuchungsgegenstand und der vorgesehenen Anwendung ab (Quelle: ISO 14040).

Das oben angeführte Problem der Systemabgrenzung sei auch hier anhand eines Beispiels dargestellt.:

- *Die Kette Biodieselerzeugung aus Raps und Nutzung des Schrotes als Futtermittel schneidet in Studien anerkannter Institute hinsichtlich der Umweltbilanz schlechter als eine Biodieselskette mit Verbrennung des Futtermittels ab. Bei der ersten Kette wird nicht die Energie im Futtermittel, sondern der (wesentlich geringere) Energieaufwand für die Erzeugung von Eiweißfutter bilanziert.*

Trotz der Einschränkungen sind Energie- und Ökobilanzen geeignete Werkzeuge zur Beurteilung der Energie- oder Umwelteffekte von Energiesystemen. Darüber hinaus erheben beide Methoden keinen Anspruch auf die Bewertung mikro- und makroökonomischer und sozialer Effekte.

UNTERSUCHTE STUDIEN

Übersicht

Der Abschnitt enthält eine Übersicht der wesentlichen Studien im Zeitraum von 1982 bis 1997. Die Aufstellung ist chronologisch gereiht, listet Autoren und Auftraggeber auf und beschreibt die Aufgabenstellung und die wichtigsten Ergebnisse.

- Energie aus Biomasse – Energiebilanzstudie (*Cabela et al., Wien 1982*)
- Ökonomische und ökologische Bewertung von alternativen Treibstoffen (*Knoflacher et al., Wien 1991*)
- Ökologische Risikoanalyse und Wirtschaftlichkeitsberechnungen der landwirtschaftlichen Rapsmethylester-Produktion sowie zweier alternativer Anbauszenarien („*Carbotech-Studie*“, *Schweiz 1991*)
- Ökologische Bilanz von Rapsöl bzw. Rapsölmethylester als Ersatz von Dieselmotorkraftstoff („*UBA-Studie*“, *Berlin 1993*)
- „Biofuels“ (*IEA-Studie, Paris 1994*)
- Energy balance, ecological impact and economics of vegetable oil methylester production in Europe as substitute for fossil diesel (*Scharmer et al., Jülich 1996*)
- Nachwachsende Energieträger – Grundlagen, Verfahren, ökologische Bilanzierung (*Kaltschmidt und Reinhardt 1997*)
- An Overview of Biodiesel and Petroleum Diesel Life Cycles (*DOE-Studie, USA 1998*)
- Volkswirtschaftliche Kosten - Wirksamkeitsanalyse von Maßnahmen zur Reduktion von CO₂-Emissionen in Österreich („*BMU-Studie*“, *Graz 1998*)

Energie aus Biomasse – Energiebilanzstudie (Cabela et al., Wien 1982)

Autoren: E. Cabela, J. Schmidt, W. Weber, H. Bauer und J. Pernkopf

Auftraggeber: Österreichisches Forschungszentrum Seibersdorf GesmbH.

Fragestellung:

Ermittlung der Energiebilanz verschiedener Bioenergieketten.

Ergebnis

Die Energiebilanzstudie weist für eine Reihe von Bioenergieketten das Energie-Output-Inputverhältnis und den Nettoenergiegewinn aus. Für die Gewinnung von Rapsöl wurde bei Nutzung des Strohs ein Verhältnis von 4,1, bei Vernachlässigung des Strohs 2,7 berechnet. Die folgende Tabelle gibt eine Übersicht über die Treibstoffketten.

Verfahren	Energiebilanz Output : Input	Energiegewinn GJ/ha
Öl aus Sonnenblume, Prozessenergie aus Stroh	6,2	144
Öl aus Körnerraps, Stroh bewertet	4,1	94
Öl aus Sonnenblume	2,8	43
Öl aus Körnerraps	2,7	38
Ethanol aus Zuckerrübe, Rübenschnitzel bewertet	1,7	104
Ethanol aus Mais, Stroh bewertet	3,0	153

Diskussion

Die mittlerweile 17 Jahre alte Studie bietet eine gute Übersicht über die Effizienz zahlreicher Bioenergieketten und hat wegen der Breite der Untersuchung noch beachtliche Aktualität. Die Energiebilanz gibt auch einen guten Anhalt über die zu erwartenden CO₂-Effekte. Da der Energieaufwand für die Erzeugung von Methylestern gering ist, bieten die Daten der Pflanzenölerzeugung auch einen guten Anhalt für Biodiesel. Die für die Sonnenblumenkette günstigen Ergebnisse resultieren aus den unterstellten Ertragsdaten.

Ökonomische und ökologische Bewertung von alternativen Treibstoffen (*Knoflacher et al., Wien 1991*)

Autoren: M. Knoflacher, P. Tuschl, W. Schneeberger, E. Cabela,

Auftraggeber: Österreichisches Forschungszentrum Seibersdorf GesmbH im Auftrag der OMV-AG

Fragestellung:

Im Rahmen dieser Studie wurde eine vergleichende Bewertung von RME mit anderen biogenen Treibstoffen für deren praktischen Einsatz als Treibstoff aus technisch-ökonomischer, landwirtschaftlicher und ökologischer Sicht, unter besonderer Berücksichtigung der österreichischen Produktionsbedingungen, vorgenommen.

Ergebnis

Beurteilt wurden die landwirtschaftliche Produktion und Konversion der Treibstoffe nach den Bewertungskategorien Energie, Luft, Boden, Wasser und Organismen. Die ökologische Bewertung von Rapsölmethylester ergab eine positive Gesamtbeurteilung aufgrund der positiven Energiebilanz, der geringen Toxizität der Ester in Bezug auf Wasser, Boden und Organismen und der geringen Wasser- bzw. Abwassermengen bei der Konversion. Bei der Verbrennung im Motor treten bei Rapsölmethylester im Vergleich zu Diesel mineralischer Herkunft niedrigere Emissionen bei organischem Kohlenstoff, CO und Aromaten und leicht erhöhte Emissionen bei Aldehyden und Benzol auf.

Der Einsatz von RME anstelle von Mineralöldiesel führt zu einer Reduktion der CO₂-Emissionen von 40 - 80%. Diese ökologischen Vorteile von RME bleiben vor allem bei einem nachhaltigen Anbau von Raps erhalten, eine zusätzliche Intensivierung der landwirtschaftlichen Produktion sollte vermieden werden.

Diskussion

Die größten ökologischen Vorteile sehen die Autoren beim Einsatz der Methylester als Reinstoffe in ökologisch sensiblen Bereichen durch deren Abbaubarkeit .

Ökologische Risikoanalyse und Wirtschaftlichkeitsberechnungen der landwirtschaftlichen Rapsmethylester-Produktion sowie zweier alternativer Anbauszenarien („Carbotech-Studie“, Schweiz 1991)

Autoren: S. Grass und Th. Heim, Carbotech AG, Zürich, Schweiz

Auftraggeber: WWF-Schweiz

Fragestellung:

Die ökologischen Vor- und Nachteile einer erweiterten RME-Produktion in der Schweiz wurden im Vergleich zu einer Extensivierung des Weizenanbaus bzw. der Einführung von ökologischen Ausgleichsflächen erhoben. Alle drei Szenarien wurden mit der Ausgangslage - dem intensiven Anbau von Weizen - verglichen.

Ergebnis

Als Parameter für eine ökologische Beurteilung wurden die Energiebilanz, die CO₂-Bilanz, der Einsatz von Düngemitteln und Pestiziden erhoben sowie die Folgen für die Artenvielfalt abgeschätzt. Die Energiebilanz für die Produktion von RME ist positiv und beträgt in dieser Studie 1,9. Die Produktion und Nutzung von Biodiesel anstelle von herkömmlichem Diesel führt zu einer Reduktion der CO₂-Emissionen, während die anderen Szenarien eine Erhöhung der CO₂-Emissionen nach sich ziehen würden. Ökologische Vorteile aller drei Szenarien ergeben sich aus einem geringeren Bedarf an mineralischem Dünger und an Pestiziden. Weder erweiterter Rapsanbau noch extensive Weizenproduktion führen zu signifikanten Auswirkungen auf die Artenvielfalt im Vergleich zu einem intensiven Weizenanbau.

Diskussion

Die vorliegende Studie stellt eine ökologische Risikoabschätzung und keine Ökobilanz der RME-Produktion dar; sie berücksichtigt nicht alle anfallenden Koppelprodukte oder Reststoffe. So wurden bei der RME-Produktion die Koppelprodukte Glycerin und Stroh nicht und das Koppelprodukt Extraktionsschrot nur zur Hälfte in der Energiebilanz berücksichtigt, wodurch der niedrige Wert der Energiebilanz erklärt werden kann. Unter der Voraussetzung der Erhaltung von Ackerfläche wird die Produktion von RME aus ökologischer Sicht positiv beurteilt.

Ökologische Bilanz von Rapsöl bzw. Rapsölmethylester als Ersatz von Dieselkraftstoff („UBA-Studie“, Berlin 1993)

Autoren: A. Friedrich et al.

Auftraggeber: Umweltbundesamt Berlin

Fragestellung:

Die Umweltbelastungen bei der Herstellung und Verwendung von Rapsölmethylester wurden mit den Belastungen bei fossilem Treibstoff verglichen.

Ergebnis

Die Studie errechnet eine positive Energiebilanz für RME. Der Einsatz von Rapsölmethylester anstelle von Dieselkraftstoff führt zu einer Verringerung des Treibhauseffektes. Dem stehen eine verstärkte Bildung bodennahen Ozons und eine Verstärkung des stratosphärischen Ozonabbaus durch die landwirtschaftlich generierten N₂O-Emissionen gegenüber. Im Vergleich zu den Referenzszenarien einer dauerhaften Stilllegung, der Extensivierung oder der Aufforstung ergibt sich eine höhere Belastung der Böden durch den Rapsanbau. Aufgrund der geringen Toxizität von Rapsölmethylester gegenüber herkömmlichen Diesel ist die Gewässerbelastung deutlich reduziert. In Summe kommen die Autoren zu einer ausgeglichenen Bilanz von Bio- und Mineralöldiesel.

Diskussion

Die Studie wurde in Expertenkreisen sowohl vom methodischen Ansatz als auch aufgrund des verwendeten Datenmaterials heftig diskutiert. Die Daten für die landwirtschaftliche Produktion von Raps, vor allem die sehr hohen Stickstoffgaben, lassen sich aus heutiger Sicht nicht mehr rechtfertigen. Da mit einem verstärkten Rapsanbau vor allem Überschüsse in der Getreideproduktion verringert werden sollen, ist eine wesentliche Änderung der Bodenbelastung nicht gegeben. In diesem Zusammenhang wurden auch die bilanzierten Referenzsysteme, die Dauerbrache sowie die Aufforstung kritisiert. Den Autoren der Studie wurde wiederholt eine einseitige Berichterstattung zu Ungunsten von RME vorgeworfen. Aktuellere Arbeiten aus Frankreich und Deutschland widersprechen massiv der Gesamtbeurteilung von RME und zeichnen ein konträres Bild.

„Biofuels“ (IEA-Studie, Paris 1994)

Autoren: unbekannt; Herausgeber: Internationale Energieagentur

Fragestellung:

Die Vor- und Nachteile von Pflanzenölmethylestern als Treibstoff anhand einer CO₂-Bilanz darzustellen.

Ergebnis

Als Parameter für eine Beurteilung wurde die CO₂-Bilanz unter Berücksichtigung anderer klimawirksamer Gase erhoben. Bei der Verbrennung von Biodiesel in Motoren liegen die Emissionswerte von SO₂, CO und von Ruß deutlich unter denen von mineralischem Diesel. Bei korrekt eingestelltem Motor konnten keine erhöhten NO_x-Emissionen festgestellt werden. Die Produktion und Verwendung von Biodiesel führt zu einer deutlichen Reduktion der Treibhausgasemissionen und zur Schonung der fossilen Ressourcen: Im Vergleich zu Mineralöldiesel emittiert Biodiesel nur 45-50% an CO₂, berechnet über den gesamten Lebensweg des Treibstoffes. Unter Berücksichtigung der anderen treibhauswirksamen Gase wie etwa Lachgas, bleibt eine Nettoersparnis von zumindest 25%. Somit emittiert RME maximal 75% der treibhauswirksamen Gase im Vergleich zu Mineralöldiesel. Die Einsparung von fossilen Ressourcen zur Produktion von RME wurde mit 40% errechnet.

Diskussion

Obwohl die in der landwirtschaftlichen Produktion verwendeten Düngermengen sehr hoch angesetzt sind, errechnen die Autoren eine Reduktion der Emissionen an Treibhausgasen von zumindest 25%. Die Studie kommt weiters zu dem Schluss, dass zukünftige Technologien und Agrartechniken für die Produktion und den Einsatz von RME zu einer deutlich besseren Bilanz führen werden.

Energy balance, ecological impact and economics of vegetable oil methylester production in Europe as substitute for fossil diesel (Scharmer et al., Jülich 1996)

Autoren: K. Scharmer (GET), G. Gosse (INRA) et al.

Auftraggeber: EU-Projekt im Rahmen des ALTENER-Programms (4.1030/E/94-002-1)

Fragestellung:

Die teilweise kontroversen Resultate aus 19 Studien zum Thema Biodiesel wurden einer kritischen Überprüfung unterzogen. Weiters wurde eine Ökobilanz zur europaweiten Biodieselproduktion mit aktuellen europäischen Daten durchgeführt.

Ergebnis

Die Basisdaten von 19 vorliegenden Studien wurden zur Berechnung eines einheitlichen RME-Szenarios herangezogen. Die Resultate zeigen eine deutlich bessere Übereinstimmung, die verbliebenen Unterschiede können auf unvollständige Datensätze, unterschiedliche Beurteilung der Koppelprodukte und auf extreme Werte in den Basisdaten zurückgeführt werden. In allen Fällen ist die Energiebilanz positiv und liegt bei einem Input-Output-Verhältnis von ca. 1:3. Aus dem Einsatz von RME würden massive Einsparung an CO₂-Emissionen und eine Schonung der fossilen Ressourcen resultieren.

Die Erstellung einer Ökobilanz auf Basis aktueller europäischer Daten erbrachte eine positive Energiebilanz. Es werden durch den Ersatz von 1 l Diesel durch Biodiesel 42,8 MJ fossile Energie und 3,3 kg CO₂ eingespart. Die Emissionen bei Verbrennung des Kraftstoffes im Motor liegen im allgemeinen unter oder sind gleich den Emissionen von Diesel, lediglich bei den NO_x kann es zu einem Anstieg der Emissionen kommen. In Bezug auf andere landwirtschaftliche Kulturen führt der Rapsanbau zu keiner zusätzlichen Belastung des Bodens.

Diskussion

Die Autoren der GET & INRA-Studie kommen zu dem Schluss, dass der Einsatz von RME aus ökologischer Sicht sehr positiv zu beurteilen ist.

Nachwachsende Energieträger – Grundlagen, Verfahren, ökologische Bilanzierung *(Kaltschmidt und Reinhardt 1997)*

Autoren: M. Kaltschmidt (IER), G. Reinhardt (IFEU) et al.

Erscheinungsjahr: 1997, Vieweg Verlag

Fragestellung:

Erstellung einer vergleichenden Lebenszyklusanalyse zur Ermittlung der Umweltauswirkungen durch Einsatz von Rapsölmethylester als Kraftstoff

Ergebnis

Zur Ermittlung der Umweltauswirkungen wurden die Parameter „Verbrauch an erschöpflicher Energieressource“, „klimarelevante Gase“ (CO₂, CH₄, N₂O), „Versauerung“ (NO_x, SO₂, HCl, NH₃), der Ozonabbau in der Stratosphäre durch NO_x und FCKW sowie die Human- und Ökotoxizität erhoben. Der Einsatz von RME führt zu Einsparungen bei den erschöpflichen Ressourcen (positive Energiebilanz) und zu einer deutlichen Reduktion der Treibhausgas-emissionen um etwa 32%. Diese beiden Umweltwirkungskategorien besitzen eine große bis sehr große ökologische Bedeutung. Merkliche Minderemissionen beim Betrieb eines Motors mit RME finden sich bei Schwefeldioxid (SO₂) und Ruß. Bei allen anderen erhobenen Parameter zeigt die Produktion und der Einsatz von RME keine eindeutigen Vor- oder Nachteile. Zugunsten von Dieselkraftstoff fällt wegen der N₂O-Emission die Kategorie stratosphärischer Ozonabbau aus.

Diskussion

Die umfangreiche Studie ist die für Europa aktuellste Bewertung biogener Energieträger. Es wurden eine Vielzahl ökologischer Parameter über die kompletten Lebenswege der Haupt- und Koppelprodukte quantifiziert. Die Ergebnisse wurden durch Sensitivitätsanalysen abgesichert.

An Overview of Biodiesel and Petroleum Diesel Life Cycles (DOE⁴-Studie, USA 1998)

Autoren: J. Sheehan (DOE), V. Camobreco (Ecobalance Inc.), J. Duffield und H. Shapouri (USDA), M. Graboski (CIFER)

Erscheinungsjahr: 1998

Fragestellung:

Erstellung einer vergleichenden Ökobilanz von Sojaölmethylester und entschwefeltem Mineralöldiesel als Treibstoff für Busse.

Ergebnis

Die Energiebilanz für Sojaölmethylester ist positiv und beträgt 3,2. Im Gegensatz dazu ist die Energiebilanz für Mineralöldiesel mit 0,8 negativ. Die Einsparung von Erdöl durch den Einsatz von reinem Sojaölmethylester wird mit 95% angegeben. Bei Zumischung von Biodiesel zu Mineralöldiesel sinkt dieser Wert, bei einem 20% Anteil an Biodiesel beträgt die Einsparung an fossiler Ressource 19%. Die Substitution von Mineralöldiesel durch Biodiesel beim Betrieb von städtischen Bussen führt zu einer Reduktion der gesamten CO₂-Emissionen von 78%, von Ruß um 32%, von CO um 35% und von SO_x um 8%. Im Gegensatz zu diesen Emissionsminderungen steigt die Emission von NO_x um 13%, die von Kohlenwasserstoffen um 35%. Bei einer 20% Zumischung von Biodiesel zu herkömmlichen Treibstoff sinken bzw. steigen die Emissionen direkt proportional.

Diskussion

Die Autoren weisen darauf hin, dass die Ergebnisse für die Energiebilanz und die CO₂-Bilanz am belastbarsten sind, bezüglich der anderen Daten bestehen Unsicherheiten. Besonders die errechneten Werte der Kohlenwasserstoff-Emissionen, die hauptsächlich durch Verluste von Lösungsmittel bei der Ölgewinnung entstehen, relativieren die Autoren der Studie aufgrund des nicht sehr belastbaren Datenmaterials.

⁴ DOE ... Department of Energy (Energieministerium der Vereinigten Staaten von Amerika)

Volkswirtschaftliche Kosten - Wirksamkeitsanalyse von Maßnahmen zur Reduktion von CO₂-Emissionen in Österreich („BMU-Studie“, Graz 1998)

Ersteller: Pischinger, Sammer, Schneider

Auftraggeber: Bundesministerium für Umwelt, Jugend und Familie

Fragestellung:

Die Studie untersucht Kosten und Wirksamkeit eines ganzen Sets von Maßnahmen zur Minderung der CO₂-Emissionen in Österreich. In einem eigenen Abschnitt „Biokraftstoffe“ wird Biodiesel behandelt. Dabei geht die Studie von folgenden Voraussetzungen aus:

- Berücksichtigung der Emissionen aus dem Ackerbau, der Transportkette und der Biodieselerzeugung,
- ausreichende Rückführung von Trockenmasse auf die Ackerfläche, um Kohlenstoffverluste im Boden zu vermeiden,
- mäßiger Düngemiteleininsatz (140 kg N/ha),
- Einsatz fossiler Energie zur Erzeugung der Düngemittel,
- geringe Transportradien bei der Erzeugung,
- vollständige Nutzung des Koppelprodukts „Rapsschrot“.

Ergebnisse

Im direkten Vergleich zu Diesel entstehen aus Produktion und Verbrennung bei Verwendung von RME (Biodiesel aus Rapsöl) etwa 75 % geringere CO₂-Emissionen und 70 % geringere CO₂-äquivalente Emissionen je ersetztem kg Diesel.

Unter der Annahme hoher CO₂-Schadenskosten führt die Maßnahme „Biokraftstoffe“ zu einer deutlichen Verringerung der volkswirtschaftlichen Kosten.

Diskussion der Ergebnisse

Die Emissionsreduktionen liegen nach Auffassung der Autoren im oberen Bereich. Aus den Zahlen der Studie läßt sich bei Verwendung von 60 000 t Biodiesel eine Emissionsreduktion von 130 000 t CO₂ berechnen.

UMWELTRELEVANTE EIGENSCHAFTEN VON BIODIESEL

Folgende Eigenschaften von Biodiesel wirken in Hinblick auf die Umwelt wertsteigernd:

1. Biodiesel enthält nur Spuren von Schwefel und ist daher für Dieselmotoren mit Katalysatoren besonders geeignet. (Oxidationskatalysatoren in Abgassträngen von Dieselmotoren mindern die Emissionen von CO, HC und Partikel; Schwefel im Abgas „vergiftet“ den Katalysator und verschlechtert dessen Wirksamkeit. Der Schwefelgehalt von Biodiesel entspricht bereits heute den gesetzlichen Vorgaben der EU für das Jahr 2005).
2. Der Sauerstoffgehalt von Biodiesel verbessert das Verbrennungsverhalten der Mischung (sauerstoffhaltige Komponenten in Kraftstoffen verbessern die Verbrennung im Motor; Biodiesel enthält 11 % Sauerstoff und mindert die Emissionen von CO und HC).
3. Biodiesel ist frei von Aromaten und entspricht heute schon den Anforderungen, die in der EU im Jahr 2005 gelten werden.
4. Biodiesel verbessert das Schmiervermögen schwefelarmen Dieselkraftstoffs und kann Additive aus fossilen Rohstoffen ersetzen. (Dieselmotoren können mit Kraftstoffen mit extrem geringem Schwefelgehalt besonders emissionsarm betrieben werden; „City-Diesel“ mit einem Schwefelgehalt unter 10 ppm ist auch bei sehr strengen Anforderungen für den innerstädtischen Bereich geeignet. Diese Kraftstoffe weisen aber eine schlechte Schmierfähigkeit auf. Das schlechte Schmiervermögen kann zu Schäden in der Einspritzanlage führen. Es ist nachgewiesen, dass durch 2 % Biodiesel die notwendige Schmierfähigkeit erreicht wird).
5. Biodiesel ist nicht giftig und rasch abbaubar. Dies verringert das Risiko bei der Handhabung, beim Transport und bei der Lagerung von Biodiesel.

ZUSAMMENFASSUNG, SCHLUSSFOLGERUNGEN

Europa hat im Kyoto-Protokoll die Verpflichtung einer 8%-igen CO₂-Minderung bis zum Jahr 2005 übernommen. Das Weißbuch der Europäischen Kommission „Erneuerbare Energie“ hält eine Verdoppelung der erneuerbaren Energie bis 2010 für möglich, für die Umsetzung hat die Bioenergie die größte Bedeutung.

Der Verkehrssektor ist auf hochwertige, für den Betrieb bestehender Flotten geeignete, Treibstoffe angewiesen. Während für stationäre Energieanlagen eine Reihe von Energiequellen eingesetzt werden können, sind die Möglichkeiten im Transportsektor sehr begrenzt. Biotreibstoffe sind derzeit die einzigen technisch realisierbaren erneuerbaren Energieträger für diesen Bereich.

Seit Beginn der 80-iger Jahre wurde in einer Reihe von Studien die Energie- und Umwelteffizienz alternativer Treibstoffe untersucht. Die Mehrzahl der Studien wurde von Proponenten und Opponenten auf Expertenebene, aber auch in der Öffentlichkeit heftig diskutiert. Eine Analyse der wichtigsten Arbeiten zeigt eher geringe Unterschiede in den Ergebnissen. Die Studien bestätigen die positive Energiebilanz, mit einer Einheit fossiler Energie werden zwei bis drei Einheiten erneuerbaren Treibstoffs bereitgestellt. Auch die Minderung der Treibhausgasemission wird bestätigt, die Bandbreite der CO₂-Minderung reicht von 25 bis 80%. Die Unterschiede der Ergebnisse hängen von der landwirtschaftlichen Praxis, von den Verfahrensketten, aber auch von der Qualität der Daten und vom Stand des Wissens zum Zeitpunkt der Erstellung ab. Die Studien beschreiben die Ist-Situation zum Zeitpunkt der Erstellung, technologische und agronomische Fortschritte werden die Ergebnisse verbessern.

Größere Unterschiede ergeben sich bei der Interpretation der Daten. Dies mag u.a. in der Interessenslage der Auftraggeber begründet sein. Ein methodisches Problem tritt bei der Beurteilung des Koppelprodukts „Futtermittel“ auf: bei der Umwelt- und Energiebilanzierung schneiden sowohl die Futtermittelimporte (wegen des geringeren Aufwands bei der Produktion in Übersee) als auch die Lösung „Ölkuchen verbrennen“ besser ab.

Die vorhandenen Ergebnisse reichen für eine sichere Beurteilung der Energie- und Umweltvorteile aus. Für eine gesellschaftsrelevante Bewertung sind Faktoren wie z.B. die Sicherung der Energie-, Nahrungs- und Futtermittelversorgung, der Erhalt der Kulturlandschaft und die Verbesserung der Außenhandelsbilanz mit zu berücksichtigen.