

Pflanzenöle als alternative Kraftstoffe für landwirtschaftliche Zug- und Arbeitsmaschinen

Plant Oils as an Alternative Fuel for Agricultural Tractors and Machinery

Von Hans Walter*

1. Einführung

Die Entwicklung auf dem Energiesektor seit der Ölkrise 1973 läßt immer deutlicher werden, in welchem Ausmaß wir alle — sowohl die Industrieländer als auch in noch größerem Umfang die Entwicklungsländer — vom Energieträger Erdöl abhängig geworden sind. Besonders das Energiedefizit der nicht Erdöl fördernden Entwicklungsländer wächst durch steigende Rohölpreise und fallende Deviseneinnahmen in bedrohlichem Maße an. Es ist deshalb verständlich, wenn der Wunsch nach Ausweichlösungen für Kraftstoffe, also für alternative Kraftstoffe, immer dringender wird. Pflanzenöle sind ein alternativer Kraftstoff, der als nachwachsender Rohstoff in vielen Entwicklungsländern gewonnen werden kann.

In der Landwirtschaft hat sich der Dieselmotor wegen seiner hervorragenden Wirtschaftlichkeit, langer Lebensdauer und Zuverlässigkeit vor allem als Acker-schleppermotor und Lastkraftwagenmotor durchgesetzt. Für Entwicklungsländer erhebt sich damit die wichtige Frage, inwieweit selbsterzeugte, am besten unbehandelte, pflanzliche Öle anstelle von Dieselkraftstoff verwendbar sind und welche Auswirkungen sich bei ihrer Verwendung für den Dieselmotorbetrieb ergeben. Bereits vor etwa neuen Jahren hat der Autor auf die Möglichkeit des Einsatzes von pflanzlichen Ölen hingewiesen (9); seitdem sind zahlreiche Untersuchungen und Versuche durchgeführt worden, über die nachfolgend berichtet werden soll.

Im Rahmen dieser Arbeit sollen ausschließlich die technischen Aspekte der Verwendung von Pflanzenölen als Kraftstoffe für landwirtschaftliche Zug- und Arbeitsmaschinen behandelt werden. Es sei jedoch ausdrücklich darauf hingewiesen, daß die Entscheidung für eine derartige Verwendung hochwertiger Nahrungsmittel auch eine ernährungspolitische Komponente besitzt. Dies insbesondere in jenen Ländern der Dritten Welt, in denen die Nahrungsmittelversorgung der Bevölkerung zu einem zunehmenden Problem wird.

* Prof. Dr. Hans Walter, Hochschullehrer für Landtechnik und Technologie an der Gesamthochschule Kassel

Fachbereich Internationale Agrarwirtschaft in Witzenhausen
Anschrift: Steinstraße 19, D-3430 Witzenhausen 1

Der Vollständigkeit halber sei erwähnt, daß neben pflanzlichen Ölen ebenfalls Äthanol, Generatorgas und Biogas zu den alternativen Kraftstoffen zählen.

2. Historischer Rückblick

Der Vorschlag, pflanzliche Öle anstelle von Dieselöl für Traktoren und andere Fahrzeuge zu verwenden, ist nicht neu. Bereits 1931 berichtet der unvergessene Leiter des damaligen Reichskuratoriums für Technik in der Landwirtschaft (RKTL) Otto Schnellbach im Tropenpflanzer (8) von Versuchen, tropische pflanzliche Öle als Treibstoff für den Glühkopf- und Dieselmotor zu verwenden und weist in diesem Zusammenhang auf die damit verbundenen wirtschaftliche Vorteile hin. Die damals allerdings meist spärlichen Versuche der Schlepperindustrie wurden mit Sesamöl, Baumwollöl, Kokosöl, Rizinusöl und Erdnußöl u.a. durchgeführt. Günstige Ergebnisse wurden mit Palmöl und Palmkernöl verzeichnet. Gleichartige Versuche liefen damals auch im Ausland. Schnellbach berichtet von Frankreich, das in Afrika in der Hauptsache Erdnußöl verwendet hat: und die großen Erfolge, die mit der Durchquerung der Sahara in Dieselfahrzeugen gemacht worden sind, sollen zum größten Teil auf die Brauchbarkeit dieses Öles als Motorentreibstoff zurückzuführen sein. Alle diese Ergebnisse lassen hoffen, daß eine einwandfreie Verbrennung dieser Öle möglich ist (8.).

Die schwierige Wirtschaftslage Anfang der 30er Jahre führte dazu, daß die Betriebsmittel in außereuropäischen Gebieten vielfach derartig hoch waren, daß eine Rentabilität motorischer Hilfskräfte nicht gegeben war. Man war deshalb auf der Suche nach Betriebsmitteln, die dem Land selbst entstammten und entsprechend preisgünstig zur Verfügung standen. Hier boten sich pflanzliche Öle als Treibstoff für Diesel- und Glühkopfmotore an. Wie Schmidt (6) 1932 berichtete, zeigte sich aufgrund von Umfragen über Kraftstoffpreise in Afrika, daß diese derartig hoch bei gleichzeitigem Tiefstand der Preise für pflanzliche Öle lagen, daß eine wirtschaftliche Verwendung von Pflanzenölen als Treibstoff ohne weiteres gegeben war. Man bezahlte damals in Afrika für Dieselkraftstoff den außerordentlich hohen Preis von 0,30 bis 0,95 RM/Liter, während z.B. Palmöl in den französischen Besitzungen nur 0,15 RM/kg kostete (6). Da die angegebenen Preisrelationen sich aber auf hochwertige Speiseöle bezogen, erhoffte man damals noch eine Verbesserung der Kostensituation, wenn Pflanzenöle mit weniger Aufwand nur für Motorkraftstoffe hergestellt wurden.

Aufgrund dieser Erkenntnis war der Anlaß gegeben, in sorgfältige Untersuchungen über die Eignung pflanzlicher Öle als Motorentreibstoff einzutreten. Die Anregung dazu kam von Geo. A. Schmidt vom Kolonialwirtschaftlichen Komitee, Berlin. Die Arbeiten dazu wurden in den Versuchslaboratorien für motorische Eignung flüssiger Brennstoffe und Schmiermittel der Technischen Hochschule Breslau im Rahmen einer Dissertation von K. Gaupp durchgeführt. Die folgenden Ausführungen und Versuchsergebnisse beziehen sich auf einen Auszug der Dissertation von A.-W. Schmidt und K. Gaupp im Tropenpflanzer des Jahrgangs 1934 (7). Sie wurden unter dem Gesichtspunkt der Eignung der Pflanzenöle für den Glühkopf- und Dieselbetrieb durchgeführt. Schmidt (6) berichtet aber auch, daß es damals schon Versuche gegeben hat, Pflanzenöle durch einen Krackprozeß umzugestalten, um auch geeignete Betriebsstoffe für petrol- und benzinbetriebene Motore zu erhalten. Die Versuche in Breslau wurden mit rohen, unraffinierten Pflanzenölen durch-

geführt. Es wird leider nicht mitgeteilt, ob der Versuchsmotor mit Direkteinspritzung oder mit einem Vorkammervorgang arbeitet.

In Vorversuchen zeigte sich, daß Pflanzenöle wegen ihrer hohen Zähigkeit durch die Einspritzdüse schlecht zerstäubt wurden. Deshalb wurden alle Öle auf etwa 75 °C vorgewärmt. Daraufhin sank der Kraftstoffverbrauch bei gleichzeitigem Anstieg der Motorleistung. Insgesamt ergab sich, daß die mittlere Leistung von Pflanzenölen sich nur wenig unterschied von der für Gasöl (Dieselöl). Es wurden Versuche gefahren mit Sojaöl, Erdnußöl, Sesamöl und Palmöl, indem in Abhängigkeit von der Motordrehzahl jeweils der spezifische Kraftstoffverbrauch für Gasöl und Pflanzenöl in g/PS_h bei gleicher Motorleistung bestimmt wurde (Bild 1 u. 2) (7).

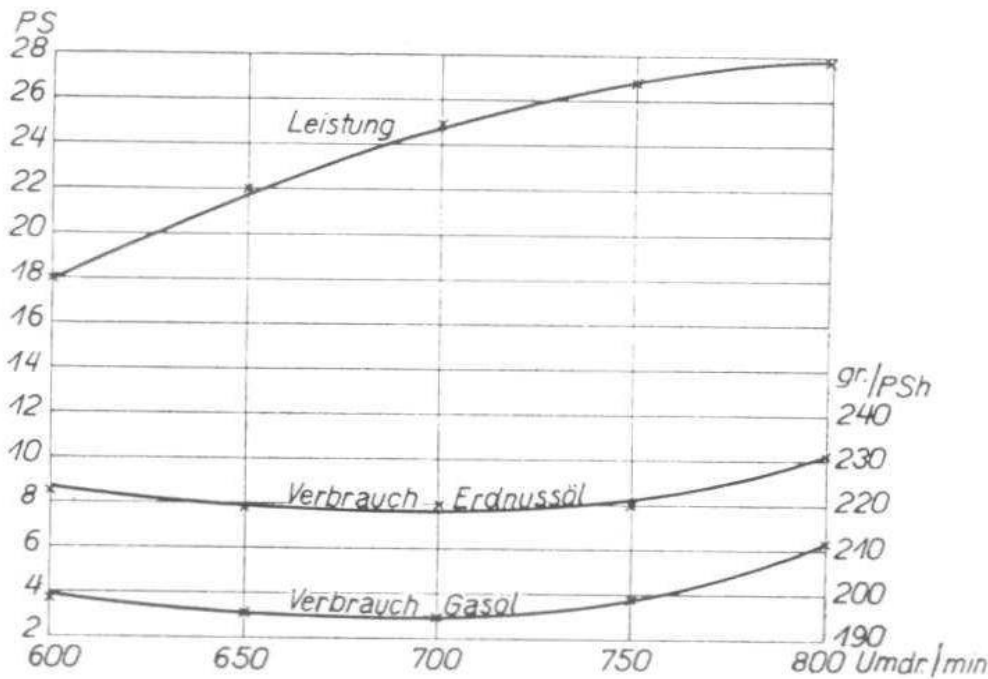


Bild 1: Der spezifische Kraftstoffverbrauch von Erdnußöl und Gasöl bei gleicher Leistung

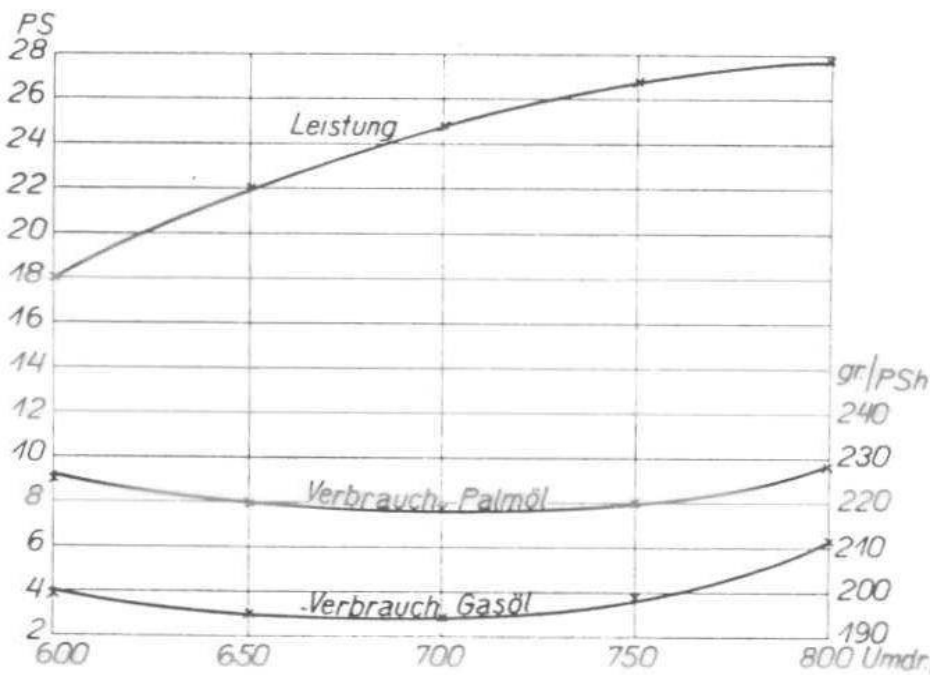


Bild 2: Der spezifische Kraftstoffverbrauch von Palmöl und Gasöl bei gleicher Leistung

Der Kurvenverlauf zeigt, daß der Verbrauch an Pflanzenöl größer ist als der von Gasöl. Je nach Drehzahl schwankt der Mehrverbrauch bei gleicher Motorleistung zwischen etwa 9% und 15%. Die damals gewonnenen Versuchsergebnisse können wie folgt zusammengefaßt werden:

1. Der Motor muß mit Mineralöl angefahren werden. Nach 2 Minuten Betriebszeit kann auf Pflanzenöl umgestellt werden.
2. Pflanzenöle müssen gut gefiltert werden.
3. Pflanzenöle sind zumindest in unseren Breiten vorzuwärmen. Bei Palmöl mußten auch die Kraftstoffleitungen so weit vorgewärmt werden, daß ein Erstarren des Öls in den Leitungen vermieden wird.
4. Es empfiehlt sich, den Verbrennungsraum etwas häufiger auf Verkohlungen nachzuprüfen, als es bei Gasölbetrieb nötig ist. (Diese Forderung heute zu erheben, wäre ganz undenkbar.) Gelegentlich wurde nämlich bei Düsen eine stärkere Ansatzbildung beobachtet.
5. Bei sämtlichen Pflanzenölen war auffallend, daß der Lauf des Motors wesentlich weicher und ruhiger war als bei Gasölbetrieb.
6. Die Korrosionswirkung der Pflanzenöle auf Metalle ist unterschiedlich. Sesamöl und Sojaöl griffen die untersuchten Metalle nicht an. Erdnußöl wirkte ätzend auf Kupfer, Messing und verzinktes Eisenblech. Palmöl griff die meisten Metalle ziemlich heftig an: Kupfer, Messing, verzinktes Eisenblech, vernickeltes Eisenblech und Stahl. Bei Aluminium und Weißblech machten sich keine schädigenden Einwirkungen bemerkbar.
7. Es wurde beobachtet, daß durchaus nicht die ersten Qualitäten der Pflanzenöle als Kraftstoff verwendet werden müssen. Mindere Qualitäten sind gleich gut zu verwenden.

Die Versuche zeigen insgesamt, daß die Verwendung von Pflanzenöl als Kraftstoff für Dieselmotore durchaus möglich ist. Die Versuchsdauer für jedes Pflanzenöl betrug 42 Stunden, also etwa einen Wochenbetrieb. Dem Autor ist nicht bekannt, ob zur Übertragung dieser Prüfstandsversuche in die Praxis damals weitere Versuche folgten.

3. Neuere Versuchsergebnisse und Erfahrungen

Man kann davon ausgehen, daß der Dieselmotor in seiner heutigen Ausbildung für absehbare Zeit die wichtigste Antriebsmaschine für Schlepper und Arbeitsmaschinen bleiben wird. Er ist zugeschnitten und optimiert auf den Kraftstoff Dieselöl, dessen Mindestanforderungen nach DIN 51601 genormt sind. Bei Verwendung von Pflanzenölen als Kraftstoff ist deshalb zu fragen, wie weit dieser neue Kraftstoff dem Dieselöl in seinen Eigenschaften entspricht oder nahe kommt oder diesem angepaßt werden muß. Es wäre natürlich theoretisch auch der andere Weg denkbar, nämlich den Dieselmotor an den neuen Kraftstoff Pflanzenöl anzupassen. Von dieser Fernlösung soll gegenwärtig abgesehen werden.

3.1 Kraftstoffeigenschaften von Pflanzenölen

Welches sind nun die Eigenschaften des Dieselkraftstoffes, die ebenfalls der Kraftstoff Pflanzenöl zunächst einmal haben müßte?

Dieselmotor zeichnet sich durch große Energiedichte mit hohem Heizwert

je Volumeneinheit aus. Der Heizwert von Pflanzenölen sollte möglichst ebenso hoch sein, weil dann kein Leistungsabfall zu erwarten wäre.

- Der Kraftstoff muß gefördert werden können, d.h. seine Viskosität muß hinreichend niedrig sein.
- Keine Probleme in Tank, Kraftstoffleitungen, Pumpe und Einspritzdüse durch Korrosion, Verharzungen, Verlackungen oder Ablagerungen.
- Er muß in der Einspritzdüse gut verstäubt werden können, kein Versetzen der Düsenöffnung durch Verkokung.
- Der Verbrennungsablauf der eingespritzten Kraftstoffmenge soll gut sein, d.h. schnell einsetzen aber nicht zu schnell verlaufen.

Wie zu erkennen ist, haben also Kraftstoffe für Dieselmotoren eine Reihe von Bedingungen zu erfüllen, die für die verschiedenen Pflanzenöle zum Teil problematisch sind. Beginnen wir mit der am klarsten zu beantwortenden Frage nach dem Energieinhalt der Pflanzenöle, also nach dem Heizwert.

Kennwerte für den Energieinhalt von Brennstoffen sind der spezifische Brennwert H_o (früher oberer Heizwert) und der spezifische Heizwert H_u (früher unterer Heizwert), die in Mega-Joule oder Kilo-Joule je Kilogramm oder Liter angegeben werden (MJ/kg, kJ/kg, MJ/l, kJ/l). In älterer Literatur – und manchmal auch heute noch – findet man die Angaben der Heizwerte in Kilokalorien je Kilogramm oder Liter (kcal/kg, kcal/l), wobei für die Umrechnung $1 \text{ kcal} = 4,18 \text{ kJ}$ anzusetzen ist. Der spezifische Brennwert H_o gibt die Wärmemenge an, die bei vollständiger Verbrennung eines Brennstoffes je Masse- oder Volumeneinheit anfällt. Der spezifische Heizwert H_u ist um die Verdampfungswärme der enthaltenen Wassermenge kleiner als der spez. Brennwert H_o .

Maßgebend für Motorenkraftstoffe ist der spez. Heizwert, der bei Dieselmotorenkraftstoff und Pflanzenölen etwa 5% niedriger anzusetzen ist als der spez. Brennwert (2).

Der spezifische Brennwert von Pflanzenölen kann nach Thomas (zitiert nach 2) durch folgende Gleichung annähernd errechnet werden:

$$H_o = 47645 - 4,187 \cdot JZ - 38,31 \cdot VZ \text{ kJ/kg.}$$

Danach ergibt sich z.B. für Erdnußöl mit einer mittleren Jodzahl ($JZ = 89$ und einer Verseifungszahl ($VZ = 190$) ein spez. Brennwert $H_o = 40\,000 \text{ kJ/kg}$ gleich $H_o = 40 \text{ MJ/kg}$ (siehe Tafel 1). Den für den Dieselmotor maßgebenden Heizwert erhält man durch vermindern des Brennwertes um 5%.

Da die Einspritzpumpe volumetrisch in den Zylinder einspritzt, ist der Heizwert des Kraftstoffes je Liter von Interesse. Diesen erhält man, wenn man den Heizwert mit der Dichte des Kraftstoffes (erste Zeile Tafel 1) multipliziert. In der letzten Spalte Tafel 1 sind deshalb die Heizwerte, bezogen auf den Liter Kraftstoff, angegeben.

**Tafel 1 Durchschnittliche Kennwerte für Pflanzenöle und Dieselkraftstoff
(nach 2, leicht verändert)**

		Rübol	Sonnenblumenöl	Leinöl	Sojaöl	Erdnußöl	Baumwollsaatöl	Dieselmkraftstoff
Dichte	kg/l	0,92	0,92	0,93	0,93	0,92	0,92	0,84
Flammpunkt	°C	317	316	—	330	300	320	> 55
Erstarrungspunkt	°C	2	16	24	8 bis 18	2	0 bis 4	0 bis 12
Kin. Viskosität (20 °C)	10 ⁻⁶ m ² /s	99,7	65,8	51	63,5	84,3	89,4	2 bis 8
Jodzahl (JZ)	—	100	132	186	134	89	108	—
Verseifungszahl (VZ)		174	190	192	192	190	195	—
Brennwert	MJ/kg	40,6	39,8	39,5	39,7	40	39,7	45
Heizwert	MJ/l	35,5	34,8	34,9	35	35	34,7	36
	kcal/l	8480	8330	8340	8370	8370	8300	8600

Ein Vergleich der Heizwerte in Tafel 1 zeigt, daß die Energiedichte der Pflanzenöle im Vergleich zum Dieselmkraftstoff günstig ist. Bezogen auf den Volumenstrom der Einspritzpumpe liegen Pflanzenöle nur etwa 30% unter dem Heizwert von Dieselmöl, so daß dieser alternative Kraftstoff grundsätzlich für den Dieselmtrieb geeignet ist. Wenn in Versuchen bei Pflanzenölbetrieb teilweise größere Leistungsminde- rungen am Motor nachgewiesen wurden (2, 7), so liegt das sicher auch an dem veränderten Einspritz- und Verbrennungsverhalten der pflanzlichen Öle.

Insgesamt aber kann man sagen, daß Pflanzenöle hinsichtlich ihrer Energiedichte den Anforderungen des Dieselmotors nachkommen.

Inwieweit die Pflanzenöle den genannten Anforderungen gerecht werden, ist aber mehr oder weniger offen und wäre durch Untersuchungen weiter zu klären. Des- senungeachtet sind noch einige wichtige Hinweise aus Tafel 1 zu entnehmen:

Auffallend hoch ist die Viskosität — die Zähflüssigkeit — bei 20 °C der Pflanzenöle gegenüber Dieselmkraftstoff. Da die Viskosität mit steigender Temperatur abnimmt, wäre durch Versuche in warmen Zonen zu ermitteln, inwieweit sich dort vorteil- hafte Veränderungen in der gesamten Kraftstoffförderung einstellen. Mit Sicherheit werden größere Schwierigkeiten bei tiefen Temperaturen aufkommen. Unter- schiede im Verbrennungs- und Leistungsverhalten der mit Pflanzenöl betriebenen Motoren in unseren Breiten hängen auch mit der höheren Viskosität der Pflanze- nöle zusammen.

Eine weitere wichtige Eigenschaft der Pflanzenöle korrespondiert mit der Jodzahl (JZ) (Tafel 1). Die Jodzahl gilt als Maßstab für den Anteil der ungesättigten Fett- säuren in Pflanzenölen, die mit Luftsauerstoff reagieren und zum Eintrocknen der Öle führen können. Entsprechend unterscheidet man stark trochnende Öle, halb- trochnende Öle und nichttrochnende Öle. Beispielsweise ist Leinöl ein starktrochnendes Öl, das auch heute noch in der Lack- und Farbenindustrie wegen seiner

starktrocknenden Eigenschaften verwendet wird. Es ist deshalb erklärlich — wie Wörgetter (10) berichtet — daß nach längerem Betrieb mit Leinöl Probleme der Verharzung in den kraftstoffführenden Teilen, vor allem im Tank auftraten.

Je höher die Jodzahl, um so stärker ist die Neigung der Pflanzenöle zu trocknen. Stark trocknende Öle haben etwa eine Jodzahl zwischen 200 bis 130, zu ihnen gehören Leinöl, Hanföl, Mohnöl, Walnußöl. Bei halbtrocknenden Ölen liegt die Jodzahl etwa zwischen 130 und 95, zu ihnen gehören Sojabohnenöl, Sonnenblumenöl, Sesamöl, Baumwollsaatöl, Rapsöl, Rizinusöl. Nichttrocknende Öle liegen mit ihrer Jodzahl unter 95 und sind naturgemäß am interessantesten als Kraftstoff. Zu ihnen zählen Erdnußöl, Olivenöl, Palmöl. Wie zu erkennen, bedeutet die Auswahl eines Öles zugleich eine Vorauswahl hinsichtlich der Langzeiteigenschaften als Kraftstoff.

Rohe, naturbelassene Pflanzenöle, wie sie durch Pressen oder Extrahieren gewonnen werden, sind natürlich am interessantesten für die Verwendung als Kraftstoff, da in vielen Regionen der Entwicklungsländer Anlagen zur Raffination fehlen. Leider sind bisher nur die wenigsten Versuche mit rohen Pflanzenölen erfolgt. In der Regel werden sie im Hinblick auf den späteren Verwendungszweck einer Raffination unterzogen, in der die Fettbegleitstoffe, wie Lecithin, Schleim- und Trübstoffe, freie Fettsäuren, Farb-, Geruchs- und Geschmacksstoffe, durch Entschleimung, Entsäuerung, Bleichung und Desodorierung entzogen werden. Nach Batel u.a. (2) sollen Schleim- und Trübstoffe zu Bodensatz bei Gefahr des Verstopfens von Filtern führen und die mikrobielle Zersetzung fördern. Freie Fettsäuren erniedrigen den Flammpunkt und die Viskosität, sie sollen auf Metalle korrosiv wirken. Gezielte Versuche in dieser Richtung sind aus neuester Zeit nicht bekannt, über ältere Versuche berichten Schmidt und Gaupp (7). Es erhebt sich daher die Frage, ob bereits eine Teilraffination, in der durch Entschleimung und Entsäuerung Schleim- und Trübstoffe, sowie freie Fettsäuren entfernt werden, zum Ziele führt (2).

3.2 Versuchsergebnisse und Betriebserfahrungen

In letzter Zeit sind Versuchsergebnisse und Betriebserfahrungen bekannt geworden, die dem Ziel dienen, die anstehenden Fragen zu klären und gegebenenfalls einer Lösung zuzuführen.

Batel u.a. (2) berichten von begonnenen Langzeiterprobungen, in denen die Frage geklärt werden soll, ob Pflanzenöle in den heute vorliegenden Qualitäten auch bei langfristigem Einsatz in Dieselmotoren ohne wesentliche konstruktive Änderung verwendbar sind, oder ob sie noch weiter aufbereitet werden müssen. Bisherige Versuche wurden mit Rüböl (Sammelbezeichnung für Raps- und Rübsenöl) durchgeführt mit dem Ziel, den Kraftstoffverbrauch bezogen auf die Leistung und den gegebenenfalls eintretenden Leistungsabfall zu bestimmen. Als Kraftstoff wurde sowohl reines Rüböl, Mischungen aus Rüböl und Dieselöl (25, 50, 75%) als auch reines Dieselöl verwendet. Zwei Schlepperdieselmotore mit Direkteinspritzung standen zur Verfügung: eine 44-kW-Maschine als Saugmotor und eine 110-kW-Maschine mit Abgasturbolader.

Als Ergebnis wurde im wesentlichen bisher ermittelt:

- Wird der Kraftstoffverbrauch in Liter angegeben, dann sind die Unterschiede im Verbrauch zwischen den verschiedenen Kraftstoffen auch bei unterschiedli-

cher Motorauslastung gering. Der Unterschied entspricht dem volumenbezogenen Heizwert nach Tafel 1.

- Die Energie des Rüböls wird im Dieselmotor gleich gut umgesetzt wie die Energie des Dieselmotorkraftstoffes.
- Die maximale Motorleistung bei Vollast ist bei unveränderter Einstellung der Einspritzpumpe bei reinem Rübölbetrieb etwa um 10% niedriger. Der Leistungsabfall ist vorwiegend auf die größere Zähigkeit des Rüböls und die damit verminderte Einspritzmenge zurückzuführen.
- Durch Verstellen der Einspritzpumpe läßt sich der Leistungsabfall auf einfache Weise beseitigen.
- Pflanzenöle befriedigen energetisch voll als Kraftstoffe in Dieselmotoren.

Die Versuche werden fortgesetzt, um weitere offene Fragen zu klären, insbesondere die der Ablagerungen im Bereich der Kolbenringe, Einspritzdüsen und Ventile, wodurch nach einigen hundert Betriebsstunden der Motor ausfällt.

In der Bundesrepublik ist von der Kostenseite her gesehen, eine Verwendung von raffiniertem Rapsöl als Dieselmotorkraftstoff gegenwärtig wegen des hohen Preises nicht zu vertreten (etwa 2, – DM/l). Auf dem Weltmarkt liegen die Preise etwa um 0,60 DM/l niedriger (2).

Wörgetter (10) berichtet aus der österreichischen Versuchs- und Prüfungsanstalt Wieselburg über Prüfstandsversuche mit Leinöl, Rapsöl, Sonnenblumenöl und Sojaöl, die in verschiedenen Gemischen mit Dieselmotorkraftstoff, sowohl in Direkteinspritzmotoren als auch in Vorkammermotoren, untersucht wurden. Leinöl mußte bald aus dem Versuch genommen werden, da Verharzungen und Verlackungen in den Leitungen auftraten, obwohl die Untersuchungen auf dem Prüfstand nicht ausreichen, um hinlänglich die Verwendbarkeit von Pflanzenöl als Treibstoff zu beweisen, können folgende Aussagen gemacht werden:

- Pflanzenöl kann in Mischungen mit Diesel bis zu einem Anteil von 75% sowohl in Vorkammer- als auch in Direkteinspritzmotoren verwendet werden. Bei einem Anteil von 50% treten keine Probleme auf.
- Die Motorleistung sinkt nur gering entsprechend dem etwas geringeren Heizwert.
- Der Wirkungsgrad des Motors bleibt in allen Betriebsbereichen annähernd gleich. Das Teillastverhalten des Motors ändert sich nicht.
- Auffallende Ablagerungen im Brennraum sowie an den Ventilen traten nicht auf.
- Die Viskosität des Kraftstoffes soll die Norm für Dieselöl nicht nennenswert überschreiten, um ausreichende Förderung zu gewährleisten.
- Trocknende Öle wie z.B. Leinöl, sind für den motorischen Betrieb wenig geeignet.
- Speiseöle leiden bei Fehlern in der Lagerung. Ein Einfluß auf die Verwendbarkeit im Motor tritt dabei nicht ein.

Diese Erfahrungen decken sich weitgehend mit denen, die Batel u. a. (2) in der Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft in Braunschweig-Völkenrode machten.

Dietrich (4) berichtet über interessante Versuche, die die Motorenwerke Mannheim (MWM) in Brasilien mit unbehandeltem Sojaöl als Kraftstoff für Direkteinspritzer- und Vorkammermotoren unternahmen. Dabei verkokten die mit Mehrlochdüsen ausgerüsteten Direkteinspritzer an der Einspritzdüse, der Kolbenkrone

und an den Kolbenringen, so daß bereits nach einer Laufzeit von 68 Stunden Kolbenfressen auftrat und der Motor ausfiel. Dagegen konnte der Motor mit Vorkammer-Brennverfahren über mehr als 200 Stunden ohne jede Beanstandung mit rohem Sojaöl bei höherem Verbrauch betrieben werden. Gravierende Rückstandsbildungen traten nicht auf.

Dietrich (4) zieht aus diesen Versuchen folgende Schlußfolgerungen:

- Unbehandelte pflanzliche Öle sind ausschließlich in Vorkammer-Dieselmotoren schadensfrei zu verbrennen.
- Der höhere spezifische Kraftstoffverbrauch von 10 bis 15% gegenüber dem direkten Einspritzverfahren muß dann in Kauf genommen werden.

Da die heutigen Ackerschlepper seit über zehn Jahren aus Kraftstoffersparnisgründen zunehmend mit direkteinspritzenden Motoren ausgestattet werden, wäre für Betrieb mit rohen Pflanzenölen eine Umrüstung erforderlich. Als Alternative wird deshalb in Brasilien unter dem Stichwort „Pro-Diesel“ ein mit Äthyl- oder Methylalkohol verestertes Pflanzenöl propagiert. Diese Äthyl- oder Methylester ermöglichen auch im Direkteinspritzmotor einen Dauerbetrieb, ohne daß Rückstandsbildung auftritt. Aufwand und Kosten sind in Brasilien für diesen Alternativkraftstoff noch nicht zu übersehen (4).

Auch Batel (1) hält gegenwärtig die Veresterung von Pflanzenölen mit Alkohol für den aussichtsreichsten Weg. Die Veresterung kann mit relativ einfachen Mitteln durchgeführt werden. Pflanzenölester verbrennen in Direkteinspritzmotoren, wie sie in der Landwirtschaft eingesetzt werden, wie Dieselöl ohne Rückstandsbildung. Ihr Heizwert liegt etwa 10% unter dem des Dieselöls. Der Preis liegt gegenwärtig in der Bundesrepublik um etwa 1,80 DM/l.

4. Schlußfolgerungen

Pflanzenöle befriedigen hinsichtlich ihrer hohen Energiedichte als Kraftstoff für Dieselmotoren. Ihr spezifischer Heizwert liegt auf das Volumen bezogen nur etwa 3% unter dem von Dieselöl. Sie weisen aber physikalisch-chemische Eigenschaften auf, die zu Problemen im Dieselmotor führen können. Ihre Viskosität ist wesentlich höher als bei Dieselöl. Dadurch können besonders bei tieferen Temperaturen Störungen bei der Förderung und Veränderungen beim Verbrennungsverlauf auftreten. Ob in warmen Zonen der 3. Welt diese Verhältnisse sich hinreichend günstig gestalten, hängt vom verwendeten Öl ab und ist teilweise offen. Hinsichtlich der Auswahl der Pflanzenöle sind nicht-trocknende Öle mit niedriger Jodzahl zu bevorzugen, starktrocknende Öle neigen bald zur Verharzung und Lackbildung.

Rohe, unbehandelte Pflanzenöle sind naturgemäß am interessantesten als Kraftstoffe für die 3. Welt. Sie sind ausschließlich in Vorkammer-Dieselmotoren rückstandsfrei zu verbrennen. Vorkammer-Motoren sind aber wegen ihres schlechten Wirkungsgrades in der Landwirtschaft kaum noch anzutreffen. Für Direkteinspritzmotoren, die heute vorwiegend eingesetzt werden, ist bei reinem Pflanzenölbetrieb mit Ausfall des Motors zu rechnen, da nach einiger Zeit Ablagerungen und Verkrustungen im Motor auftreten. Ob hier durch Raffination der Pflanzenöle eine Verbesserung eintritt, wird nicht mitgeteilt. Einen Ausweg bietet das Mischen von Dieselkraftstoff mit Pflanzenöl. Mischungen bis zu 75% Pflanzenölanteil sollen im Direkteinspritz-Motor rückstandsfrei verbrennen.