

## Versuche zur Verwendung von Heizöl in Schleppermotoren

Bayer. Landesanstalt für Landtechnik und Motorisierung, Weihenstephan

Die vorliegende Arbeit will einen Beitrag liefern zu der häufig diskutierten Frage, wie die Verwendung von Heizölen in Ackerschleppern zu beurteilen ist. Zu diesem Zweck wurde untersucht, wie sich billigeres Heizöl im Schleppermotor verhält.

Die Betriebsbedingungen des dazu verwendeten Motors wurden in möglichst engen Grenzen gleichgehalten und die motorische Untersuchung der Kraftstoffe auf dem Prüfstand gefahren. Da es schon länger üblich ist, motorische Untersuchungen mit verschiedenen Schmierölen vorzunehmen, lag es nahe, sich den Methoden derartiger Tests anzupassen. In diesen Schmieröltests werden Prüfmotoren über eine bestimmte Zeitdauer unter einer festgelegten Belastung bei gleichem Treibstoff mit verschiedenen Schmierölen gefahren; die Verschmutzung wird nach einem Punktsystem bewertet.

An amerikanischen Verfahren sind heute noch zwei Tests des Coordinating Research Council (CRC), und zwar der L-1-Test und der L-4-Test, üblich [1]. Der L-1-Test wird in einem Caterpillar Einzylinder-Diesel-Versuchsmotor durchgeführt. Es handelt sich um einen 20-PS-Motor mit 1000 U/min. Die Versuchszeit beträgt 480 Stunden. Der L-4-Test wird mit einer Standard-6-Zylinder-Personenwagenmaschine von Chevrolet mit einer Leistung von 30 PS über 36 Stunden gefahren.

Auch in England ist eine ganze Anzahl von Prüfmotoren in Gebrauch. Die bekanntesten sind [1]:

der Einzylinder-Gardner-Motor mit einer Versuchsdauer von 130 Stunden,

der Einzylinder-Petter-AV-1-Dieselmotor mit 5 PS bei 1500 U/min und einer Versuchsdauer von 36 Stunden (er dient ähnlichen Zwecken wie der Chevrolet-Motor),

der Einzylinder-Petter-AV-1-Dieselmotor mit 5 PS bei 1500 U/min und einer Versuchsdauer von 120 Stunden, der zu einem Vortest für den Caterpillar L-1-Test benutzt wird.

Im Bundesgebiet wurde als geeigneter deutscher Prüfmotor der MWM-Dieselmotor KDW 415 E herausgestellt, der bei 1500 U/min 12 PS leistet, beziehungsweise der Typ KD 12 E mit einer Leistung von 11 PS bei 2000 U/min.

Zur Ermittlung dieser Versuchswerte wurden mit dem MWM KDW 415 28 50-Stunden-Läufe unter Vollast durchgeführt. Der Motor lief bei diesen Untersuchungen stets unterhalb der Rauchgrenze des Abgases, Drehzahl, Belastung und Prüfdauer stimmten mit den Testbedingungen des Ausschusses „Motorische Prüfmotoren“ überein. Die Kühlwasserausflusstemperatur wurde allerdings in diesem Ausschuß auf 90° C festgelegt, während bei den vorliegenden Untersuchungen diese Temperatur bei 80° C lag.

Außer der Bewertung der Motorverschmutzung wurde im Gegensatz zu den Schmierölprüfungen auch der Verschleiß innerhalb des Zylinders an der Lauffläche und den Kolbenringen gemessen und außerdem das Schmieröl analysiert.

Auf die hier verwendeten Meßmethoden dieser drei zur Kraftstoffbeurteilung herangezogenen Hauptkriterien wird in den folgenden Abschnitten näher eingegangen.

### Verschmutzungsbewertung

Bei der Bewertung der Verschmutzung wurde das für Schmieröltests bewährte 10-Punkte-System benutzt, das dem Petter AV-1-Diesel-Test zugrundeliegt [2]. Eine Beurteilung der Ventile wurde zusätzlich eingeführt, da die Verbrennungsprodukte der Kraftstoffe mit den Ventilen in Berührung kommen und sich hier in Form von Rückständen ansammeln können.

So entstand in Anlehnung an den Petter-AV-1-Test eine Bewertung, die die einzelnen Motorteile wie folgt berücksichtigt:

die Kolbenringe	3,5-fach
das Kolbenhemd	3,0-fach
die Abstreifringe	1,0-fach
die Ventile	1,0-fach
Ölwanne, Filter usw.	1,0-fach
der Kolbenkopf	0,5-fach.

### Verschleißmessung

Der Verschleiß wurde in den Zylinderlaufbüchsen und auf dem Umfang der Kolbenringe mit Hilfe von pyramidenartigen Diamanteindrücken gemessen [3]. Der Diamant war so geschliffen, daß die Längsdiagonale  $b$  des Eindruckes sich bei einem auftretenden Verschleiß um den etwa 30-fachen Wert der Verschleißtiefe verkürzte (Abb. 1). Die Längsdiagonale aller Eindrücke wurde vor und nach jedem Versuchslauf mit einem Mikroskop bei 70-facher Vergrößerung gemessen. Auf diese Weise konnte die Verschleißtiefe mit  $30 \times 70 = 2100$ -facher Vergrößerung bestimmt werden.

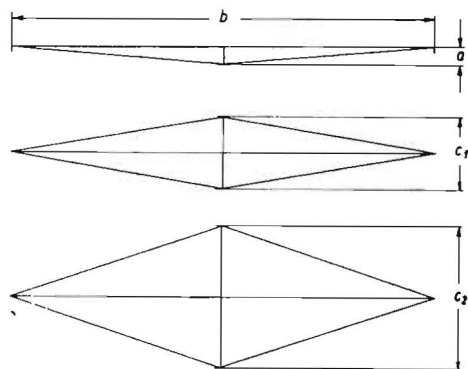


Abb. 1: Die Kanten der zur Verschleißmessung herangezogenen Eindrücke  
 $a$  = Eindrücktiefe  
 $b$  = Längsdiagonale  
 $c_1$  = Querdiaagonale der normalen Eindrücke  
 $c_2$  = Querdiaagonale der verbreiterten Eindrücke

Die Diamantpyramide war so geschliffen, daß sich die Längsdiagonale des Eindruckes zur Querdiaagonalen wie 6 : 1 verhielt. Wie bei diesen Untersuchungen festgestellt wurde, eignete sich diese Art von Eindrücken nur zur Verschleißmessung auf vollkommen glatten Oberflächen. Bei den hartverchromten Zylinderwänden erschwerten die spitzwinklig zusammenlaufenden Eindrucksanten infolge der rauhen Oberfläche ein genaues Messen. Es wurde deshalb die Form der Eindrucks pyramide für die weiteren Versuche abgeändert, und zwar wurde die Querdiaagonale in ihrem Maß verdoppelt. Dadurch wurde auch der zwischen den an beiden Enden zusammenlaufenden Eindrucksanten eingeschlossene Winkel verdoppelt, und die Endpunkte der Eindrücke konnten genauer festgestellt werden (Abb. 1  $c_2$ ).

Die Eindrücke wurden mit einer selbstgebauten Vorrichtung in die Oberfläche gedrückt und mit einem Mikroskop gemessen.

### Schmierölanalysen

Als dritter Punkt zur Beurteilung eines Kraftstoffes schien die Analysierung des Schmierstoffes wichtig zu sein. So wurde das Schmieröl in 100-ccm-Proben alle 10 Stunden aus dem laufenden Motor zwischen Ölpumpe und Hauptlager aus der Ölleitung entnommen und auf Dichte, Gesamtverschmutzung, die sich aus Hartasphalt und festen Fremdstoffen zusammensetzt, und auf Flamm- und Brennpunkt analysiert. Nach dem 50-Stunden-Vollastbetrieb wurde aus dem laufenden Motor an derselben Stelle 1 Liter Altöl herausgelassen und einer Vollanalyse unterzogen.

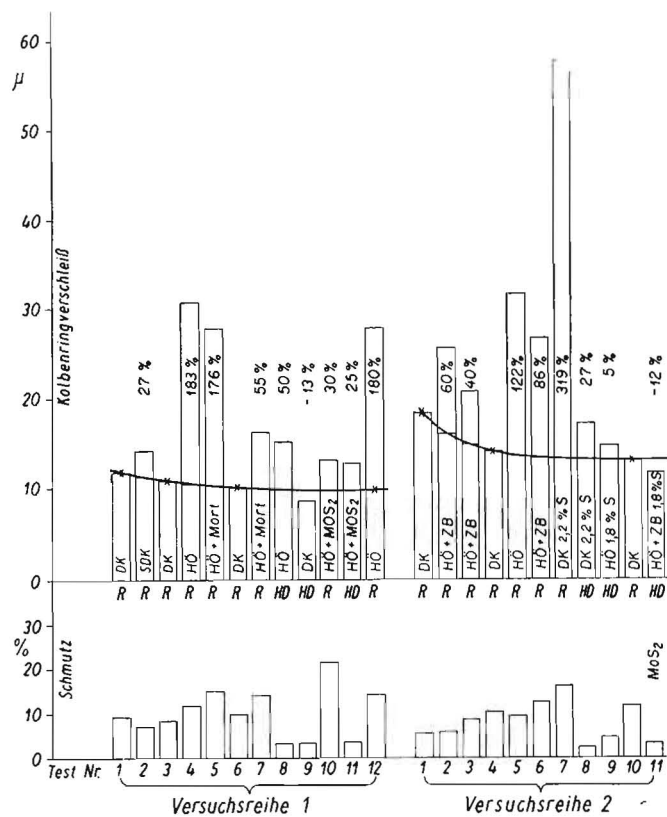


Abb. 2: Kolbenringverschleiß und Motorverschmutzung aller 50 Stunden-Läufe

DK = handelsüblicher Dieseldieselfkraftstoff  
 SDK = Spezial-Dieseldieselfkraftstoff  
 HO = leichtes Heizöl  
 ZB = Zündbeschleuniger  
 R = Motorenöl Regular SAE 20  
 HD = Motorenöl HD SAE 20  
 Mort = Mortol bzw. Mortolin  
 MoS<sub>2</sub> = Molybdänsulfid

Die dick ausgezogenen Kurven sind die Bezugslinien für Dieseldieselfkraftstoff mit Motorenöl regular

### Ergebnisse der Verschleißmessungen, der Verschmutzungsbewertungen und der Schmierölanalysen

Die nachfolgenden Untersuchungen setzen sich aus drei Versuchsreihen zusammen:

- einer Vorversuchsreihe mit fünf 50-Stunden-Läufen der Versuchsreihe 1 mit zwölf 50-Stunden-Läufen der Versuchsreihe 2 mit elf 50-Stunden-Läufen.

Um die Versuchsbedingungen möglichst gleich zu halten, wurden für die Läufe innerhalb einer Versuchsreihe immer dieselben Motarteile, nachdem sie gereinigt waren, wieder verwendet.

Es zeigte sich, daß bei innerhalb einer Versuchsreihe eingestreuten Versuchsläufen, die mit handelsüblichem Dieseldieselfkraftstoff (DK) und Motorenöl regular gefahren wurden,

- die Verschleißwerte zu Anfang mehr und dann nur wenig und linear abnehmen,
- der Verschmutzungsgrad zunahm,
- die Durchblasemenge ständig anstieg.

Die Abweichungen, welche sich bei den Versuchsläufen durch Änderung im Treibstoff oder Schmiermittel hinsichtlich der Verschleiß- und Verschmutzungsbewertung ergaben, wurden stets auf die Vergleichsläufe bezogen. Ebenso wie bei den Vergleichsläufen mit handelsüblichem DK und Motorenöl regular zeigte sich bei Versuchsläufen mit gleichartig abgeänderten Bedingungen eine Abnahme des Kolbenringverschleißes, der jedoch zu dem Verschleiß bei den Vergleichsläufen prozentual gleich blieb.

Hinsichtlich der Durchblasemenge wurde festgestellt, daß der bei Holzer [4] angegebene zulässige Wert, der 0,2 bis 1 % des angesaugten Luftvolumens beträgt, bei allen 50-Stunden-Läufen nicht überschritten wurde.

Sowohl bei den Vorversuchen als auch bei den Hauptversuchsreihen konnte am Umfang der Kolbenringe eine ausreichende Genauigkeit der Verschleißmessung festgestellt werden. Hingegen streuten bei mehreren Messungen die Werte in den Zylinderlaufbüchsen deutlich, auch waren sie in ihrer Größenordnung viel geringer als bei den Kolbenringen. Deshalb wurden zur Beurteilung des Verschleißes nur die Kolbenringwerte herangezogen.

Nach Holzer [4] nimmt der Verschleiß der Kolbenringe bei Versuchen über 3500 km Kolbenweg bei normaler Temperatur nahezu linear mit dem Kolbenweg zu. Bei einem 50-Stunden-Lauf erreicht man mit dem verwendeten Motor einen Kolbenweg von 675 km; es ist also erklärlich, wenn der Kolbenringverschleiß unter den gleichen Bedingungen fast denselben Wert zeigt. Die Verschleißergebnisse der ersten Versuchsreihe ließen bei der Auswertung erkennen, daß die Verschleißwerte der einzelnen Kolbenringe eines Kolbens voneinander abhängen. War der Verschleiß des oberen Ringes des ersten Zylinders höher als der des zweiten Zylinders, so war meistens der Verschleiß des mittleren Ringes im ersten Zylinder geringer als der im zweiten Zylinder. Eine Erklärung ergäbe dafür vielleicht die von Holzer [4] angeführte Auffassung, wonach die Ringe in erster Linie durch die hinter sie tretenden Gase an die Zylinderwand angedrückt werden. Läßt also der obere Ring mehr Gase durch, so wird er nicht so stark, der nächste jedoch stärker angedrückt. Aus diesem Grunde wurde für die Vergleiche des Verschleißverhaltens der Durchschnitt des Gesamtverschleißes zugrunde gelegt, der sich durch Addition des Verschleißes der drei Verdichtungsringe ergab.

Die Verschleißmessungen in den Laufbüchsen ergaben schon bei den Vorversuchen den charakteristischen Verlauf [4 und 5]. Danach ist im oberen Totpunkt des oberen Ringes der Abtrag am größten und zieht sich zum unteren Totpunkt in immer geringer werdendem Maße hin. Dort ließ er sich im Vergleich der einzelnen Tests untereinander nicht mehr exakt untersuchen, sondern konnte nur am Ende jeder Versuchsreihe insgesamt festgestellt werden.

Die Werte im oberen Totpunkt waren im Vergleich zum Kolbenringverschleiß gering und die Messungen wegen der anfänglich noch rauhen Oberfläche größeren Streuungen unterworfen. Sie verhielten sich jedoch nicht so wie der Ringverschleiß. War dieser verhältnismäßig hoch, so war das für den Laufbüchsenverschleiß nicht immer der Fall.

Auch bei der genaueren Messung mit breiteren Eindrücken, wie zu Anfang beschrieben, konnte keine Beziehung zwischen Laufbüchsen- und Ringverschleiß festgestellt werden. So erschienen die Ergebnisse der Laufbüchsenverschleißmessung nicht immer mit Sicherheit reproduzierbar.

Holzer [4] berichtet zwar über eine Beziehung zwischen Kolbenring- und Laufbüchsenverschleiß, jedoch wird diese aus Versuchen mit verschiedenen breiten Kolbenringen abgeleitet.

### Verwendung von verschleißmindernden Zusätzen

Nachdem die Vorversuchsreihe die Eignung der Meßverfahren erkennen ließ, können die in den beiden Hauptversuchsreihen ermittelten Werte mit verschiedenen Kraftstoffen und Zusätzen als gesichert angesehen werden. Zur Kontrolle wurden wiederholt die Vergleichsläufe mit handelsüblichem Dieseldieselfkraftstoff und Motorenöl regular eingeschaltet und so Veränderungen, die sich im Laufe der Zeit am Motor ergaben, berücksichtigt.

Schon in den Vorversuchen hatte sich herausgestellt, daß leichtes Heizöl gegenüber handelsüblichem DK (hDK) bei Verwendung desselben Schmieröls einen zwei- bis dreifachen Kolbenringverschleiß verursachte. Der gestellten Aufgabe entsprechend, war es daher der Zweck der ersten Versuchsreihe, sowohl durch Zusätze in Kraftstoff als auch im Schmieröl diesen Verschleiß herabzudrücken.

Dem Versuch, das Ziel durch den Kraftstoffzusatz „Mortolin“ zu erreichen, war kein voller Erfolg beschieden. Die Ergebnisse gehen aus den Werten des 5. Versuchslaufes der Versuchsreihe 1, in der Folge mit Test 1/5 bezeichnet, hervor (Abb. 2). Es wurde dann versucht, den Mehrverschleiß durch Zusätze im Schmieröl zu mindern. Hier hatte

ein Zusatz „Mortol“ derselben Firma, der sich im Schiffsdiesel schon bewährte, Erfolg (Test 1/7). Der Verschleiß wurde von etwa 180 % auf etwa 55 % über hDK gemindert.

Derselbe Erfolg konnte durch Verwendung von HD-Öl an Stelle des Motorenöls regular mit Zusatz von Mortol erzielt werden. Außerdem wurde hierdurch die Verschmutzung des Motors wesentlich herabgesetzt (Test 1/8).

Als ein noch wirksamerer verschleißmindernder Zusatz im Schmieröl stellte sich Molybdänsulfid heraus (Test 1/10). Hier fiel der Mehrverschleiß von 180 auf 30 %. Allerdings wurde durch die Verwendung dieses Zusatzes eine in der Versuchsreihe sonst nicht beobachtete hohe Verschmutzung hervorgerufen. Infolgedessen wurde in dem nächsten Test 1/11 derselbe Zusatz zusammen mit HD-Öl ausprobiert. Dabei wurde festgestellt, daß sowohl die verschleißmindernde Wirkung des Molybdänsulfids als auch die reinigende und verschleißmindernde Wirkung des HD-Öls Erfolg gehabt hatten. Allerdings läßt sich nicht feststellen, welcher Anteil der Verschleißminderung den beiden Stoffen zuzuschreiben ist.

#### Verwendung von zündbeschleunigenden und verschleißmindernden Zusätzen, auch zusammen mit stark schwefelhaltigen Kraftstoffen

Im Anschluß an diese erste Versuchsreihe wurde der Verbrennungsdruckverlauf der verwendeten Kraftstoffe mit einem Quarzindikator und Elektrometervorsatz der Firma Staiger & Mohilo und einem Oszillographen GM 3156 der Firma Philips aufgenommen. Dabei stellte sich heraus, daß die Kraftstoffe in der Steilheit des Druckanstieges und in der Lage des Zündzeitpunktes dieselbe Reihenfolge wie im Verschleißverhalten einnahmen. Je später der Zündzeitpunkt und damit zusammenhängend je steiler der Verbrennungsdruckverlauf, desto höher war der Verschleiß. Diese Tatsache ließ eine Verwendung von Zündbeschleunigern in der zweiten Versuchsreihe als zweckmäßig erscheinen.

In dieser zweiten Versuchsreihe wurde also wiederum leichtes Heizöl mit handelsüblichem Dieselmotorenöl bei Verwendung des gleichen Schmieröls verglichen. Dazu wurden allerdings andere, das heißt schräg gestoßene Kolbenringe verwendet, die durchweg einen höheren Verschleiß ergaben. Wie die späteren Analysen zeigten, lag das daran, daß der Bezugstreibstoff hDK dieser Versuchsreihe einen höheren Schwefelgehalt von 0,75 Gewichtsprozenten hatte. Da es sich bei der zweiten Versuchsreihe um einen in sich abgeschlossenen Versuch handelte, war diese Tatsache nicht von entscheidender Bedeutung. Es stellte sich heraus, daß die verwendeten Zündbeschleuniger den Verschleiß an den Kolbenringen günstig beeinflussen konnten, und zwar drückte ein Zündbeschleuniger der BASF (Badische Anilin- und Soda-Fabrik) „Kerobrisol“, in einer Konzentration von 1,5 ‰ zugesetzt, den Verschleiß von Heizöl, der ohne diesen Zusatz 120 % über hDK lag, um zwei Drittel herunter (Test 2/3). Die Dosierung der Konzentration wurde durch kurze Versuchsläufe mit gleichzeitiger Aufnahme der Verbrennungsdruckkurve in der Weise ermittelt, daß der Druckverlauf dem des hDK möglichst ähnlich wurde.

Ein Peroxyd, dessen erforderliche Konzentration auf gleiche Weise mit 3 ‰ ermittelt wurde, drückte den oben erwähnten Mehrverschleiß um ein Drittel herunter (Test 2/6).

Da sich der verwendete Treibstoff im wesentlichen in bezug auf die Abnutzung durch den Druckverlauf, das Zündverhalten und den Schwefelgehalt unterschied, wurde der Einfluß des Schwefelgehalts im zweiten Teil der 2. Versuchsreihe näher untersucht. Zu diesem Zweck wurde der Schwefelgehalt bei Dieselmotorenöl und Heizöl durch Zusatz eines 8%igen Gasöls auf etwa 2 % erhöht. Der Unterschied im Schwefelgehalt beim hDK der zweiten gegenüber der ersten Versuchsreihe, der erst später ermittelt wurde, war allerdings 0,4 %, der aber bei dem an sich hohen Schwefelgehalt nicht mehr wesentlich in Erscheinung trat.

Der erste Versuch (Test 2/7) mit hDK und 2 % Schwefel ließ durch seinen 320%igen Mehrverschleiß erkennen, daß sich ein derartiger Kraftstoff nicht mit Motorenöl regular fahren läßt. So wurde also der aufgeschwefelte Kraftstoff nur noch mit HD-Öl gefahren. Dadurch konnte der Verschleiß bei bei-

den Kraftstoffen in geringen Grenzen in der Nähe desjenigen der Vergleichsläufe mit normalem hDK und Motorenöl regular gehalten werden (Test 2/8 und 9).

Im letzten Test 2/11 wurde aufgeschwefeltes Heizöl mit einem Zündbeschleuniger verwendet und dem HD-Öl Molybdänsulfid zugesetzt. Dadurch wurde erreicht, daß die Summe des Kolbenringverschleißes auf einen Wert von 12 % unter den Werten der Vergleichsläufe sank.

Der Planverschleiß an den Kolbenringen wurde nur insgesamt festgestellt und verhielt sich in der Versuchsreihe 1 zum Umfangverschleiß wie 1 : 3 und in der Versuchsreihe 2 wie 1 : 2,5.

Die Auswertung der Verschleißergebnisse auf ihre Verteilung auf den Umfang der Kolbenringe brachte in ihren Gesamtwerten der einzelnen Versuchsreihen einen ziemlich gleichmäßigen Verlauf.

Der Verschleiß der Laufbüchsen im oberen Totpunkt ist meist auf der Lastseite und der Seite der Wirbelkammeröffnung am größten. Der zweite Zylinder zeigt allerdings außerdem auf der Schwunggradseite des Motors, also auf der dem Kühlwasserzulauf abgekehrten Seite, einen größeren Verschleiß. Es war nicht Aufgabe dieser Untersuchung, die Gründe dafür zu klären.

#### Wirtschaftlichkeitsrechnung

Eine Wirtschaftlichkeitsrechnung für die Umstellung des Schlepperbetriebes von Dieselmotorenöl auf Heizöl kann nur unter der Annahme vorgenommen werden, daß der Betrieb eines Schleppermotors mit Heizöl in der Praxis möglich ist. Die Messungen dieser Arbeit wurden nur bei Vollast und günstiger Kühlwassertemperatur vorgenommen und bedürfen erst noch der Bestätigung durch Dauerversuche in der Praxis.

Ein Kostenvergleich für Dieselmotorenöl und Heizöl kann nur angestellt werden, wenn man die fiskalische Belastung von den handelsüblichen Preisen dieser Öle abzieht. Von den handelsüblichen Preisen, die zwischen dem 15. 1. 1955 und dem 1. 5. 1955 galten, müssen nach Mitteilung der Mineralölindustrie und des Zollamtes folgende Belastungen abgezogen werden, um den effektiven Preis der Treibstoffe zu errechnen:

Handelsüblicher Preis	Zoll- und fiskalische Belastung	effektiver Preis
Für Dieselmotorenöl 41,5 Dpf/Ltr.	15,9 Dpf/Ltr.	25,6 Dpf/Ltr.
Für Heizöl 20,4 Dpf/Ltr.	1,3 Dpf/Ltr.	19,1 Dpf/Ltr.

Bei einem Schlepperbetrieb mit Heizöl gegenüber hDK würden also 6,5 Dpf/Liter am effektiven Preis eingespart. Wie aus den Untersuchungen hervorgeht, kann aber Heizöl in reinem Zustand nicht verwendet werden. Es sind Zusätze im Kraftstoff und im Schmierstoff notwendig, deren Kosten von den eingesparten 6,5 Dpf/Liter bestritten werden müssen.

Der für das Heizöl notwendige Zündbeschleuniger (Kerobrisol) kostet nach Angaben der BASF 0,81 Dpf/Liter. Zur Verminderung des Verschleißes müßte außerdem noch dem Schmieröl Molybdänsulfid zugesetzt werden; die hierfür aufzuwendenden Kosten für jede Ölfüllung dürften nach Angaben des Herstellers etwa 7.— DM ausmachen.

Für eine Ölwechselperiode kann man 300 Liter Kraftstoffdurchsatz zugrundelegen, so daß sich je Liter Treibstoff 2,3 Dpf zusätzliche Kosten ergeben.

Da die Dieselschlepper heute meistens schon mit HD-Öl geschmiert werden, erschien es nicht notwendig, die Verteuerung, die sich durch die notwendige Umstellung von Motorenöl regular auf Motorenöl HD ergibt und etwa 1,4 Dpf/Liter ausmacht, in Rechnung zu stellen.

Von den durch die Umstellung eingesparten 6,5 Dpf/Liter müßten also 0,81 Dpf für Zündbeschleuniger und 2,3 Dpf für MoS<sub>2</sub> ausgegeben werden, so daß sich ein Gewinn von 3,4 Dpf/Liter ergibt. Hierbei ist zu betonen, daß es sich um eine Einsparung am effektiven Preis des Kraftstoffes handelt, bei dem Zoll und Steuern nicht berücksichtigt wurden. Setzt man die handelsüblichen Preise ein, so würde sich außerdem



noch ein Gewinn von 14,6 Dpf/Liter errechnen, die Zoll- und Steuersätze vom 15. 1. bis 1. 5. 1955 zugrundegelegt, so daß dann 18 Dpf/Liter eingespart würden. Berücksichtigt man die Steuerrückvergütung von 10 Dpf/Liter, so ergibt sich eine Ersparnis von 8 Dpf/Liter. Die Schlepper in der westdeutschen Landwirtschaft verbrauchen durchschnittlich etwa 1200 Liter Kraftstoff im Jahr. Am effektiven Preis würden demnach  $1200 \times 0,034 = 41$ .— DM eingespart. Legt man die handelsüblichen Preise zugrunde, so würde die Einsparung immer noch 23.— DM ausmachen.

Aber nicht nur wegen dieser finanziellen Einsparungen, sondern auch dann, wenn hDK nicht greifbar ist, kann das Ergebnis dieser Untersuchungen interessant werden.

### Zusammenfassung

Auf Grund eines zur Kraftstoffbeurteilung entwickelten 50-Stunden-Tests ergab sich bei Heizöl ein untragbar hoher Verschleiß, besonders an den Kolbenringen. Dieser Mehrverschleiß konnte durch Verwendung verschiedener Zusätze vermindert werden. Nach der oszillographischen Untersuchung der für die Kraftstoffe typischen Verbrennungsdruckkurven lag es nahe, bei Heizöl Zündbeschleuniger einzusetzen, die sich dann auch als verschleißmindernde Kraftstoffzusätze erwiesen. Bei den Schmierstoffzusätzen hatten Proben, die von Professor Spengler zur Verfügung gestellt wurden und die sich zum Teil schon im Schiffsdiesel bewährt hatten, verschleißmindernde Wirkung. Ferner müssen hier HD-Öle genannt werden, die aber außerdem auch wegen ihrer reinigenden Wirkung eingesetzt werden mußten. Die größte verschleißmindernde Wirkung hatte Molybdändisulfid, das aber bei Zusatz zu Motorenöl regular eine hohe Motorverschmutzung hervorrief und deshalb nur zusammen mit HD-Öl verwendet werden konnte.

Dieselmotoren und leichtes Heizöl wurden außerdem durch Zusatz eines schwefelhaltigen Kraftstoffes auf einen Schwefelgehalt von 2% gebracht und im Versuchsmotor gefahren. Es stellte sich heraus, daß dies nur bei Verwendung von HD-Öl möglich ist, daß aber auch bei Heizöl durch die oben genannten Zusätze ein Kolbenringverschleiß erreicht werden konnte, der unter den in der Arbeit näher beschriebenen Bezugswerten lag, die sich beim Fahren von handelsüblichem Dieselmotoren zusammen mit Motorenöl regular ergaben.

Die Schmierölanalysen ließen vorläufig keine entscheidenden Zusammenhänge zwischen dem Kolbenringverschleiß, der Motorverschmutzung und den Analysendaten erkennen. Die Schmierölveränderungen während der 50-Stunden-Läufe zeigten keine Besonderheiten, sie wurden an Hand von Proben bestimmt, die in zehnstündigen Abständen entnommen wurden. Die Dichte und die Verschmutzung, die aus Hartasphalt und festen Fremdstoffen bestehen, nahmen meistens gleichmäßig zu. Der Flamm- und Brennpunkt fiel in den ersten zehn bis zwanzig Stunden ab und stieg dann wieder an; das läßt darauf schließen, daß in den ersten zehn bis zwanzig Stunden eine Schmierölverdünnung eintrat.

Diese Ergebnisse beschränken sich vorläufig auf einen Motor, der bei günstiger Kühlwassertemperatur und mit Vollast gefahren wurde.

Was die wirtschaftliche Bedeutung betrifft, so zeigt eine Kostenberechnung, in der die heute gültigen Preise zugrundegelegt wurden, daß eine Umstellung des Schlepperbetriebes von Dieselmotoren auf leichtes Heizöl mit Zusätzen eine Ersparnis von 18 Dpf je Liter ergeben würde. Dieser große Gewinn errechnet sich allerdings nur bei Zugrundelegung der handelsüblichen Preise. Zieht man, um einen schärfsten Maßstab anzulegen, von diesen die heute bestehenden Zoll- und fiskalischen Belastungen ab, so bleibt ein Gewinn von 3,4 Dpf je Liter. Für die praktische Landwirtschaft hätte auch diese Verbilligung des Schlepperbetriebes bei der ständig wachsenden Motorisierung Bedeutung.

### Schrifttum:

[1] Heilmann: Die neue API-Klassifikation für Motorenöle. Prüfung von Motorenöl mittels Prüfmotoren. Rundschreiben Nr. 30 des Verbandes Süddeutsche Mineralölwirtschaft e.V., Eisligen 1955.

[2] A. Towle und P. E. B. Vaile: Use of the Petter AV-1-Diesel Engine for Testing Additive Treated Oils. Journal of the Institute of Petroleum, 1953, Vol. 39, Nr. 357, S. 581/591.

[3] Anglo-Iranian Oil Company Limited, Research Station Sunbury-On-Thames: Diamantendruckmethode für die Messung von Zylinderverschleiß. Report Nr. 4322/M.

[4] K. A. Holzer: Untersuchungen zum Verschleiß im Zylinder von Verbrennungsmotoren. Oldenbourg, München 1952.

[5] C. Englisch: Verschleiß, Betriebszahlen und Wirtschaftlichkeit von Verbrennungskraftmaschinen. Springer, Wien 1952.

## Résumé:

Dr. H. Schulz: „Versuche zur Verwendung von Heizöl in Schleppermotoren.“

Der Verfasser untersucht in 28 50-Stunden-Läufen die Frage, ob eine Verwendung von Heizöl im Schleppermotor möglich ist, und zwar unter besonderer Berücksichtigung des Verschleißes und der Verschmutzung. Der Verschleiß, besonders an den Kolbenringen, war zunächst untragbar hoch. Verschleißmindernd wirkten Zündbeschleuniger zum Heizöl und Zusätze zum Motorenöl. Die letzteren verlangen die Verwendung von HD-Öl, erzielen aber dadurch Verschleiß- und Verschmutzungswerte, die etwa den Vergleichswerten bei Dieselmotoren entsprechen. In einer zweiten Versuchsreihe wurde auch der Einfluß des Schwefelgehaltes näher untersucht. Alle Messungen wurden bei Vollast und günstiger Kühlwassertemperatur durchgeführt; die Ergebnisse bedürfen also noch der Bestätigung durch Dauerversuche in der Praxis. — Eine abschließende Wirtschaftlichkeitsberechnung spricht unter Zugrundelegung der derzeitigen Preise in Westdeutschland für die Verwendung von Heizöl.

Dr. H. Schulz: „The Utilisation of Fuel Oil in Tractor Motors.“

The Author has conducted a series of 28 50-hour endurance tests to determine whether the use of fuel oil in tractor motors is possible, particularly from the standpoint of increased wear and carbonisation. At first, the wear, especially that of the piston rings, was unduly high. The use of ignition accelerators in the fuel oil and additions to the engine oil reduced the wear. Such additions, however, necessitate the use of HD oil, when the figures for wear and carbonisation become approximately equivalent to those obtained with Diesel oil. A second series of tests investigated the influence of the sulphur content. All readings and measurements were made under full load and at optimum cooling water temperatures. Hence, the results so obtained still require to be confirmed by endurance tests made under normal operating conditions. The article closes with an investigation of the economies to be obtained by the utilisation of fuel oil at the prices presently obtaining in Western Germany.

Dr. H. Schulz:

«Essais en vue de l'utilisation d'huile de chauffage dans les moteurs de tracteurs.»

L'auteur a examiné par 28 essais d'une durée de marche de 50 heures chacun, si l'utilisation d'huile de chauffage dans les moteurs de tracteurs est possible, en tenant compte, en particulier, de l'usure et de l'encrassement. L'usure, notamment des segments de piston a été d'abord trop élevée. L'addition d'accélérateurs d'allumage à l'huile de chauffage et d'additifs à l'huile de graissage a diminué l'usure. Dans ce cas, l'utilisation d'huiles détergentes est indiquée. Ces mélanges permettent d'obtenir des taux d'usure et d'encrassement qui correspondent environ à ceux obtenus par l'utilisation du gas-oil. Par une deuxième série d'essais, on a examiné l'influence de la teneur en soufre. Toutes les mesures ont été effectuées à une température de l'eau de refroidissement favorable, le moteur étant sous pleine charge. Les résultats exigent donc la confirmation par des essais pratiques continus. Un calcul du prix de revient à la base des prix payés actuellement en Allemagne occidentale, parle en faveur de l'utilisation d'huile de chauffage.

Dr. H. Schulz: «Ensayos sobre el empleo de aceite de combustión en motores de tractor.»

En 28 marchas de 50 horas c. u. el autor ha tratado de aclarar la cuestión del empleo de aceite combustible en los motores de tractor, teniendo especialmente en cuenta el desgaste y la suciedad. Al principio el desgaste llegaba a valores intolerables, principalmente en los segmentos. Sirvieron para reducir el desgaste unas materias mezcladas con el combustible que facilitan su inflamación y aditamentos al lubricante. Estos últimos exigen el empleo de lubricantes HD (high duty), pero se consiguen así valores de desgaste y de ensuciamiento comparables a los del aceite Diesel. En otra serie de ensayos se investigaron también los efectos del contenido de azufre. Todas las mediciones se hicieron trabajando el motor a plena carga y con temperatura conveniente del agua de refrigeración. Los resultados requieren todavía confirmación por ensayos prácticos de duración. Tomando por base los precios actuales de los aceites en el oeste de Alemania, los cálculos establecidos hablan en favor del empleo de aceite combustible.