

A 43

**Bericht Nr. 505**

**Erfahrungen  
bei Schmierstoff-Prüfläufen  
auf Ringsteckverhalten**

7 8538



**I. G. FARBENINDUSTRIE AKTIENGESELLSCHAFT  
LUDWIGSHAFEN AM RHEIN**

## Bericht des Technischen Prüfstandes Oppau

Nr. 505

Erfahrungen bei Schmierstoff-Prüfläufen

auf Ringsteckverhalten

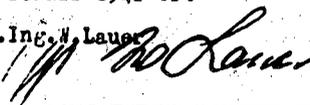
(Vortrag, gehalten anlässlich der Schmieröltagung der  
DVL in Berlin am 7./8. Mai 1942)

Übersicht:

Es wird ein Überblick über den Stand der motorischen Schmierölprüfung im Einzylinder BMW 132 N gegeben, und insbesondere die Mängel des Verfahrens aufgezeigt. Trotz vieler ungeklärter Einflüsse, die in ihrer Gesamtheit zum Teil grosse Streuungen der Messgenauigkeit verursachen, ist das Verfahren als Schmierölprüfung brauchbar. Es werden einige Möglichkeiten zur evtl. Verbesserung des Verfahrens aufgezeigt, sowie Einflüsse der Temperaturen und Betriebsbedingungen auf die Laufzeit angegeben.

Abgeschlossen am: 1. Juli 1942 Gr.

Bearbeiter: Dipl. Ing. W. Lauer



Die vorliegende Ausfertigung **11** enthält

21 Textblätter

3 Bildblätter

**Verteiler**

Nr.	am	Empfänger	Nr.	am	Empfänger
1		RLM, Abt. GL/A-2			
2		Fl. Oberstabsing. Kücklich			
3		Stelle Mechlin			
4		Dipl. Ing. Giessmann			
5		Dir. Dr. Sauer, Leuna			
6		Dr. Zorn, Leuna			
7		Dir. Dr. Müller-Junradi			
8		Dr. Wietzel			
9		Obering. Penzig			
10		Dipl. Ing. Hatter			
11		Dipl. Ing. Lauer			8539
		Techn. Prüfstand			
		Kalder			

## Erfahrungen bei Schmierstoffprüfkufen auf Ringstecken

von Dipl.-Ing. W. Lauer

Techn.-Prüfstand Oppau, I.G. Farbenindustrie A.G. Ludwigshafen/Ab.

Die motorische Schmierstoffprüfung steht, wie auch die ganze Schmierstoffforschung, heute noch in der Entwicklung. So ist auch die Untersuchung von Schmierölen hinsichtlich ihrer Rückstandsneigung im Motor bezw. die Prüfung des Ringsteckverhaltens noch weit davon entfernt ein Messverfahren zu sein, wie etwa die ungleich einfachere und genauere Bestimmung des Überladerhaltens von Kraftstoffen. Viele Faktoren, wie die Temperatur, Kraftstoffe, Ersatzteillieferungen usw., einige auch noch völlig unbekannt, wirken bei der Rückstandsbildung mit und beeinflussen die Ergebnisse in einer für die geforderte Messgenauigkeit wenig befriedigenden Weise. Die Schwierigkeit, eine ausreichende Genauigkeit der Laufzeit von etwa  $\pm 10$  v.H. zu erzielen, lässt sich am besten an einem Vergleich mit Laboratoriumsprüfungen von Schmierölen ermesen. Dort beträgt trotz einfachster und gut zu beherrschender Prüfbedingungen, wie z.B. beim Verkokungstest die Messgenauigkeit nur etwa  $\pm 15$  v.H.

Es ist deshalb eine wenig dankenswerte Aufgabe, einen Überblick über das bisher in der Schmierölerprüfung Erreichte zu geben, da über die Ergebnisse von Versuchen, grundsätzlicher Art bis heute nur wenig Positives zu sagen ist. Trotzdem sind wir der Aufforderung der DVL nachgekommen, über unsere Erfahrungen bei Ringsteckversuchen zu berichten, und ich glaube, dass ein Überblick über diese Erfahrungen auch bei zum Teil negativen Ergebnissen in dem einen oder anderen Falle Anstoß sein kann zu neuen Anregungen und Erkenntnissen. In diesem Sinne sollen diese Ausführungen ein Beitrag sein zu einer Zusammenarbeit bei der Erforschung der Schmierstoffprobleme sein.

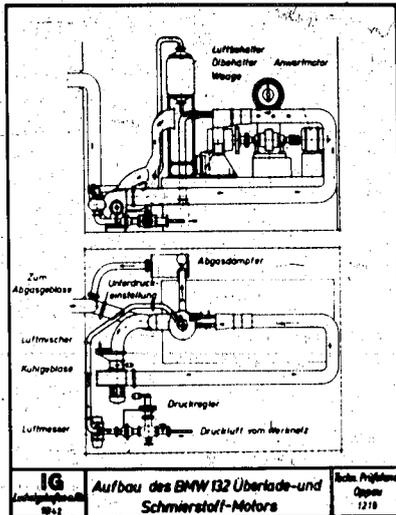
8540

- 1.) Übersicht über die Durchführung der Prüfläufe sowie die Anlage unter besonderer Berücksichtigung der Temperaturüberwachung.
- 2.) Das Versuchsende, sowie Massnahmen zur besseren Erkennbarkeit (Versuche mit freien Ringnuten usw.)
- 3.) Die Laufseiten und ihre Reproduzierbarkeit
  - a) bei Ziehöl
    - α) Streuungen über verschiedene Zeiträume (Abhängigkeit von Windrichtung, Ersatzsteillieferung usw.)
    - β) Streuungen bei verschiedenen Zylindern und zwar des Mittelwertes sowohl, als auch der einzelnen Läufe, Prüfung einzelner Zylinder auf verschiedenen Motoren, Streuungen der Zylindertemperaturen (Kerzenringe) bei gleicher Richttemperatur
    - γ) Abhängigkeit der Laufzeit von der Gesamtlaufzeit des Zylinders, dem Kolbenspiel, dem Kolbenringspiel und festem Ringteil in Prozent
    - δ) Die Laufzeit abhängig von den Zylindertemperaturen (Scheiteltemperatur) bei Einspritzpumpe, bei Vergaser. Verschiedene Neigung der Temperaturkurve, Höherliegen der Laufzeitkurve bei Vergaserbetrieb.
  - b) bei Ölen verschiedener Herkunft: Laufzeit, Streuungen grösser als bei Rotring, bedingt durch längere Absolutlaufzeit bzw. instabiles Verhalten von Zusätzen usw.
- 4.) Laufzeit und Rückstandsbildung
  - a) Ausbaubefunde
  - b) Zusammenhang der Rückstandsbildung mit den Analysenwerten der Neu- und Gebrauchttöle
  - c) Verschlammungsneigung von Ölen, ihre Untersuchung im Motor (Opel-Versuche und BMW-Versuche)
- 5.) Einflussgrössen, die noch nicht bekannt sind.
  - a) Ringnuttemperatur
  - b) Ölumlau im Stern bzw. Schleuderölmenge am Kolben (Abhängigkeit des Öldrucks und damit der Schleuderölmenge von dem Laufspiel des Kurbelzapfens und Verluststelle an den Ölzuführungsringen), Ölverbrauch.

8541

Bevor ich zum eigentlichen Thema komme, darf ich Ihnen vielleicht zuerst eine kurze Übersicht über die Durchführung der Ringsteckversuche beim Technischen Prüfstand geben.

Die Bedingungen unter denen die Läufe durchgeführt werden, sind wohl allgemein bekannt, sodass sich hier eine Aufzählung von Einzelheiten erübrigt. Es soll lediglich nochmals die Genauigkeit der Regelung des Motors und der Temperaturen besprochen werden, da diese, wie bekannt, von grösstem Einfluss auf die Versuchsdauer sind. Die gesamte Anlage zeigt schematisch folgendes Lichtbild:



Der Motor mit Bremse und den Zusatzeinrichtungen befindet sich in einem schalldichten Raum, während die Bedienanlage durch Beobachtungsfenster von diesem getrennt in einem für mehrere Prüffelder gemeinsamen Bedienungsgang aufgestellt ist. Die Leistungsmessung erfolgt in üblicher Weise durch eine Wasserbremse mit Schnellwaage, sowie elektromagnetischen Stichtdrehzähler. Der Bremswasserdruck

8542

80471/17

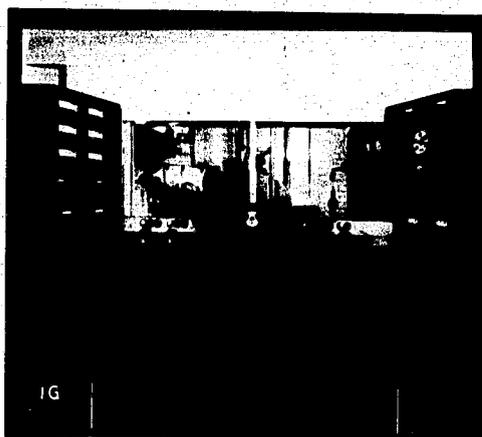
wird mittels Drehregler gleichgehalten, was einen konstanten Stand der Aussage zur Folge hat. Die Ablassgeschwindigkeit des Drehmoments beträgt dadurch  $\pm 100 \text{ g cm}^2 \text{ s}^{-2}$  bei  $10 \text{ cm}^2 \text{ s}^{-2}$  d.h. 0,25%. Die Messungsrichtungen gestattet eine Einstellung des Kraftstoffverbrauchs mittels Feinregler auf  $\pm 0,5 \text{ Vol.-%}$ , was in Hinblick auf den auch mit der Temperatur stets etwas schwankenden gewichtsmässigen Verbrauch hinreichend erscheint. Die Auspuffgase werden mit einem Unterdruck von 150 - 200 mm WS von einem Gebläse abgesaugt, das auch die Absaugung der vom Zylinder kommenden erhitzten Kühlluft übernimmt. Die Kühlluft selbst wird mit einem zweiten Gebläse erzeugt, wobei die Kühllufttemperatur durch eine Mischvorrichtung auf  $20^\circ$  konstant gehalten wird. Diese arbeitet derart, dass die vom Kühlgebläse angesaugte Luft mittels Regelschieber teils aus dem Raum, teils aus einem Zweigstrom des Heissluftstromes vom Zylinder entnommen werden kann. Die Ansaugluft für den Motor wird vorgewärmt und auf  $40^\circ\text{C}$  gehalten. Diese Vorwärmung erfolgt durch eine im Ansaugdämpferbehälter angebrachte elektrische Heizung, verbunden mit elektrischem Feinregler. Eine solche Regelung arbeitet auf  $\pm 0,5^\circ$  genau, was sich ebenfalls auf eine gleichbleibende Leistung der Maschine günstig auswirkt. Die Temperaturüberwachung erfolgt teils mit Widerstandsthermometern für die Luft- und Schmierstofftemperaturen, teils mit Thermoelementen für die Zylindertemperaturen. Die Thermoelemente sind auf  $0,1^\circ\text{C}$  genau geeicht und gestatten in Verbindung mit den verwendeten Instrumenten eine Regelung auf  $\pm 0,5^\circ\text{C}$ . Die Versuche wurden früher nach der Temperatur des Auslasskerzensitzes als Richttemperatur gefahren. Die Unsicherheit des Zustandes der Kerze, sowie Änderungen der Lage und Form der Kerzenringelemente infolge mehrmaligen Ausbaues liessen die in Scheitel des Zylinders verstemte Messstelle geeigneter erscheinen, sumal Ausfälle der letztgenannten bzw. Fehlanzeigen nur etwa den

8543



Wir zeigen für unseren Neuanbau diese Maschine, die von Luftschicht und schallschützender Bedienung für das Versuchswerk, das diese Versuche in mehreren Tag- und Nachtschichten führt, eine weitgehende Arbeitssicherheitsbeweisung zu erreichen. Sie haben in diesem Bild eine solche den Prüfapparat mit abgenommenen Luftschicht und die verschiedenen Zusatzanordnungen. Der Anzeiger, die Messbrücke auf dem Bild verdeckt durch die Tachowage, links der Druckregler für das Erprobwasser und rechts oben den Anzeiger-Ausgleichbehälter mit eingebauter elektrischer Heizung. In Vordergrund rechts ist der als hoher schlanker Behälter ausgebildete Öltank zu erkennen. Die Ölverbrauchsmessung erfolgt bei uns volumemässig, weshalb eine langgezogene Form des Behälters hinsichtlich der Standablesung günstig ist.

Das nächste Bild zeigt die Bedienanlage.



Bis auf das Anfahren und die jede Stunde vorzunehmende Schmierstoffverbrauchsmessung können alle Vorgänge von hier aus überwacht bzw. geregelt werden.

8545



Die Ursache für das Festwerden ist die unregelmäßige  
Drehbewegung, die während des Laufes eintritt, welche  
zu einer Zeit das Festwerden einleitet, wenn es  
nicht möglich ist.

Die zur Verbesserung der Anzeige für das Fest-  
werden vorgenommenen Massnahmen sollen in folgenden kurz auf-  
gezählt werden.

Eine Erscheinung, von der man annimmt, dass sie das  
Festbrennen des Ringes beeinflusst, ist das mehr oder weniger  
starke Drehen desselben während des Laufs, wie es sich in  
störenden periodischen Schwankungen des Gasdurchtritts  
äussert. Bereits im Anfang unserer Versuche mit dem BMW 132  
und auch wieder in letzter Zeit wurden, um diesen Einfluss  
der Ringdrehung bzw. -stellung auf das Festwerden zu unter-  
suchen, Läufe mit arretierten Ringen gefahren. Die Versuche  
zeigten in einigen Fällen kürzere Laufseiten als mit freien  
Ringern, in anderen jedoch längere. Die Streuungen waren aber  
in allen Fällen gegenüber normaler Ringanordnung gleich gross,  
sodass diese Ausführung keine Verbesserung brachte. Sie hat  
ausserdem noch den Nachteil, dass man sich mit arretierten  
Ringern vom praktischen Betrieb des Motors entfernt und würde  
deshalb wieder aufgegeben.

8547

Eine Massnahme zur Verbesserung des Durchlassens stellt das Jogglassen einzelner Kolbenringe dar. Versuche mit derartigen Anordnungen hatten folgende Ergebnisse:

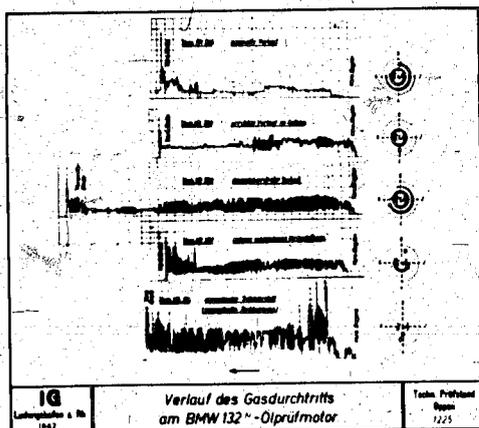
Lässt man nur den ersten Ring und den Ölabetring in ihren Nuten, so ist die seitliche Führung des Kolbens zu gering, die Ringe brechen und es tritt von Anfang des Versuchs an ein so hoher Gasdurchtritt auf, dass unter den Druckspitzen des Diagramms, die durch kurzzeitige Störung des Schmierfilms entstehen, kein Versuchsende festzustellen ist. Als weiterer Nachteil ergeben sich Kolbenfresser infolge örtlicher Überhitzungen durch dauernden Gasdurchtritt. Diese Ausführung war also nicht brauchbar.

Lässt man den ersten und dritten Ring in ihrer Nut und bohrt die zweite Ringnut für den Gasdurchtritt an, so bessern sich zwar die oben erwähnten Erscheinungen, eine Überhitzung des ersten Rings sowie gelegentliche Kolbenfresser treten aber auch in diesem Falle auf.

Eine wirkliche Verbesserung ohne die erwähnten Nachteile liess sich durch Wegnahme nur des dritten Rings erreichen. Die Nut des fehlenden Rings wird in diesem Fall um den Gasdurchtritt ins Gehäuse zu erleichtern, mit vier auf den Umfang des Kolbens verteilten 3 mm Löchern versehen. Vorteilhaft ist bei dieser Ausführung noch die Stossücke des zweiten Rings nicht zu klein zu nehmen, damit auch für den Gasdurchtritt eine Möglichkeit gegeben ist. Diese Anordnung ergab ein, abgesehen von wenigen Fällen, sehr gut erkennbares Versuchsende bei Festwerden des ersten Rings, wobei durch die Dichtwirkung des zweiten Rings noch ein genügender Schutz gegen Überhitzung der Ringpartie vorhanden ist.

8548

Im folgenden Bild sehen Sie einige Gasdurchtrittskurven, wie sie üblicherweise auftreten.



Der Druckverlauf wird dabei mit Ringwaage und Schreiber gemessen und ist von rechts nach links zu lesen. Die drei oberen Bilder stellen den in den meisten Fällen erhaltenen Verlauf der Kurve mit deutlich erkennbarem Druckanstieg dar.

Das vierte Bild gibt den Druckanstieg bei anscheinend längerer Dauer des Festwerdens. Der Durchblase-  
druck steigt unter Schwankungen dauernd an, die Leistung fällt dabei zuerst unmerklich und erreicht dann nach einer gewissen Zeit den Grenzwert von  $\frac{2}{3}$  Leistungsabfall.

Das fünfte Bild stellt den Druckverlauf eines Schmierstoffs mit mangelhafter Schmierwirkung dar. Diese Form tritt vor allen Dingen bei Stoffen auf, die bei hohen Temperaturen zerfallen, wobei der erste Ring nicht genügend Öl erhält und infolgedessen dauernd Gas durchlässt. Wie aus den Diagrammen hervorgeht, ist diese Gasdurchtrittsmessung ziemlich eindeutig, weshalb die zuletzt beschriebene Ringanordnung auch bis heute beibehalten wurde. Sie gestattet in fast allen Fällen ein gutes Erkennen des Versuchsendes.

8549

Wenn auch damit das Versuchsende eindeutig beherrschbar ist, so ergibt die Laufzeit selbst bei gleichem Schmierstoff und Befüllung aller Bedingungen, wie genaue Einhaltung der Temperatur, normalen Austauschfund usw., leider noch ziemlich beträchtliche Unterschiede.

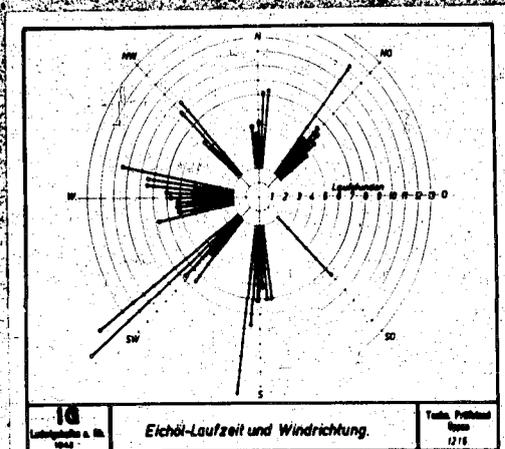
Wenn nun diese Versuchserfahrungen in vielen Fällen keine unmittelbare Anwendung in Richtung einer Verbesserung der Versuchsgenauigkeit gestatten, so sollen diese Fälle doch in folgenden mit angeführt werden.

So suchten wir zu ergründen, worauf die in verschiedenen Zeitabschnitten wechselnden Laufzeitstreuungen für Rotring zurückzuführen sind. Wir haben deshalb die Läufe verschiedener Zeiträume entsprechend den verschiedenen Lieferungen von Zylindern, Kolben und Ringen miteinander verglichen. Eine Beziehung war jedoch hierbei nicht erkennbar. Wir haben aufgrund einer allerdings vagen Vermutung, dass Einflüsse der Ansaugluftzusammensetzung bei diesen Streuungen mitspielen, die Windrichtung und Windstärken über längere Zeiträume mit den entsprechenden Laufzeiten für Eichöl verglichen.

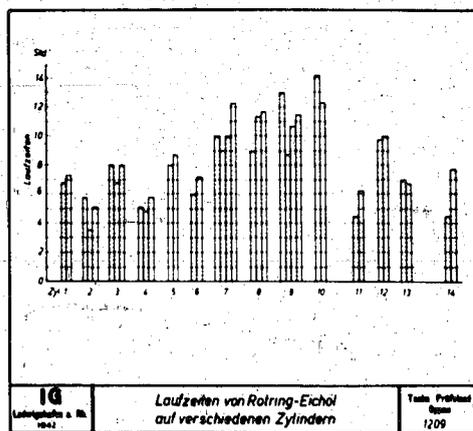
Die Möglichkeit, dass geringe Beimischungen, wie sie in einem Werk chemischer Erzeugnisse ohne weiteres in der Luft vorhanden sind, das Ringstecken im Motor verändern können, ist gegeben, wenn man die während eines zehnstündigen Laufes umgesetzte Luftmenge von rund 2000 kg ins Verhältnis setzt zu der entsprechend geringen Ölumlaufrmenge von 8 bis 10 kg. Diese Möglichkeit besteht umso mehr, als durch die Entwicklung synthetischer Schmierstoffe die Wirksamkeit homöopathisch kleiner Mengen sogenannter Inhibitoren auf die Laufzeit bekannt ist. Auch in diesem Fall lässt sich jedoch kein Zusammenhang erkennen.

8550

Op 471/25



Ein Punkt, der besser erfasst werden konnte, ist das unterschiedliche Verhalten einzelner Zylinder bezüglich Laufzeiten und Temperaturen. Das nächste Bild zeigt eine Zusammenstellung solcher Läufe.

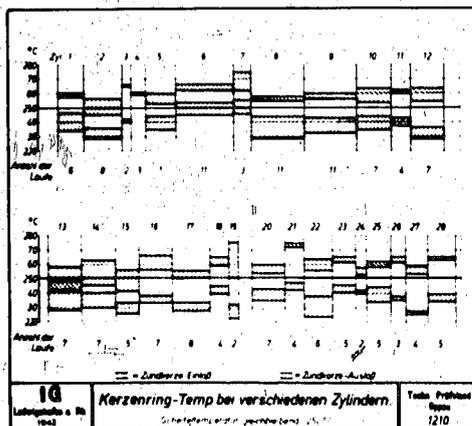


Man erkennt daraus, dass bei verschiedenen Zylindern verschiedene Mittelwerte für Rotring Eichöl erhalten werden. Die dargestellten Läufe sind aus Versuchsreihen auf vier verschiedenen Motoren zusammengestellt, wobei jeweils nur solche Reihen verwendet wurden, die als Kontrollversuche zwei oder mehr Rotringläufe enthalten. Eine zusätz -

8551

Die vorgenannten Prüfungsergebnisse zeigen, dass die Temperaturerhöhung im Zylinderkopf bei gleichem Drehmoment und gleicher Drehzahl mit geringen Unterschieden verbunden sein kann. So ergibt sich z.B. bei einer Drehzahl von 1500 U/min. und einem Drehmoment von 10 kgm. die Temperaturerhöhung im Zylinderkopf bei 1000 U/min. wieder um 10 Grad Celsius. Bei einer Drehzahl von 1500 U/min. und einem Drehmoment von 10 kgm. ergibt sich bei einer Drehzahl von 1500 U/min. und einem Drehmoment von 10 kgm. die Temperaturerhöhung im Zylinderkopf bei 1000 U/min. wieder um 10 Grad Celsius. Bei einer Drehzahl von 1500 U/min. und einem Drehmoment von 10 kgm. ergibt sich bei einer Drehzahl von 1500 U/min. und einem Drehmoment von 10 kgm. die Temperaturerhöhung im Zylinderkopf bei 1000 U/min. wieder um 10 Grad Celsius.

Einen weiteren Beweis für das unterschiedliche Verhalten der einzelnen Zylinder erhält man, wenn man die Kerzenringtemperaturen verschiedener Läufe bei gleicher Scheiteltemperatur aufträgt.



8552

05477/27

In dieser Darstellung sind die Bereiche, in denen sich die Temperaturen der Einlass- und Auslasskerze bewegen, als schraffierte Flächen dargestellt. Die Länge der Fläche ist ein Mass für die Anzahl der Versuche mit den einzelnen Zylindern. Neben den stark abweichenden Mittelwerten der Zylinder fällt noch die Streuung innerhalb der Versuchsreihe auf. Letztere dürfte auf die mangelhafte Messgenauigkeit von Kerzenringelementen zurückzuführen sein. Man erkennt jedoch aus dieser Darstellung, dass die Zylinder auch bezüglich der Temperaturverteilung stark voneinander abweichen. Einer praktischen Anwendung dieser Erkenntnisse steht aber auch in diesem Fall entgegen, dass kein Zusammenhang zwischen hohen Temperaturen und kurzen Laufzeiten bzw. umgekehrt, besteht. Zusammenfassend dürfte aber hiermit bewiesen sein, dass Unterschiede in der Rotringlaufzeit einzelner Zylinder auch von einem unterschiedlichen Temperaturzustand der Präzylinder herrühren können. Es ist deshalb anzustreben, die Temperaturmessstelle näher an die Ringpartie zu verlegen, d.h. entweder die Temperatur der Laufbohrung in Höhe des oberen Umkehrpunktes zu messen, oder, falls eine Entwicklung einer für Dauerbetrieb geeigneten Kolben-Temperaturmessung gelingt, diese anzuwenden.

Beim Durchführen von vornherein verwirklichter Streuungen ist es dann auch schwierig sonstige Einflüsse, wie Kolbenspiel, Ringspiel, Ringstellung, usw. zu erfassen. Führt man nämlich solche Messungen bei verschiedenen Zylindern durch, so gibt es beträchtliche Streuung zwischen den einzelnen Zylindern mit ein und macht das Ergebnis unklar. Will man diese Versuche an einem Zylinder und Kolben vornehmen, so ist für die Erfassung jeder Größe eine ganze Versuchsreihe nötig. Die Durchführung einer Vielzahl solcher Reihen bei einer Stelle ist heute aus Gründen des Arbeitsaufwandes nicht möglich. Soweit man bei der Auswertung den ersten Weg

8553

47/25



Beide Kurven fallen ziemlich genau zusammen und zeigen einen dauernden fallenden Verlauf mit steigender Temperatur.

Wir haben darüberhinaus anschliessend an die geplante Umstellung der Schmierstoffprüfmotoren auf Vergaserbetrieb einige Zylinder auf ihr Temperaturverhalten bzw. ihre Laufzeitabhängigkeit bei Vergaserbetrieb untersucht. Die Ergebnisse, die ebenfalls mit aufgetragen sind, zeigen folgende merkwürdige Erscheinung: Die Temperatur-Laufzeitkurven sind bei Vergaserbetrieb wesentlich steiler als bei Betrieb mit Einspritzpumpe. Dies ist insofern bemerkenswert, als damit bei uns zum ersten Male Kurven erhalten wurden, die in ihrer Steilheit den von der DVL gefundenen ähneln. Ich möchte hierbei darauf hinweisen, dass die DVL die einzige Stelle ist, die bisher N-Zylinder mit Vergaserbetrieb gefahren hat. Aus einer weiteren Reihe mit höherem spezifischem Verbrauch geht noch hervor, dass die Laufzeit bei Vergaserbetrieb auf die Gemischeinstellung empfindlich anspricht. Wir werden diese Ergebnisse nochmals überprüfen, es dürfte sich aber bei ihrer Bestätigung die Durchführung von Prüfläufen mit Vergaserbetrieb nicht empfehlen, da bei einer solchen steilen Temperaturempfindlichkeit eine noch wesentlich grössere Streuung der Laufzeiten bei Vergaserbetrieb zu erwarten sein wird. Es müsste also anschliessend an diese Versuche, die vielleicht am besten noch von einer anderen Stelle durchgeführt werden, eine nochmalige Entscheidung über den Betrieb des Motors mit Einspritzpumpe oder Vergaser getroffen werden. Da die DVL bereits Erfahrungen bzw. Einrichtungen für den Betrieb mit N-Zylindern besitzt, wäre es vielleicht am zweckmässigsten, diese Versuche dort vorzunehmen.

Leider gestattet die Zeit nicht, auf diesen wichtigen Punkt näher einzugehen, ich würde es jedoch begrüssen, wenn eine eingehende Besprechung in der Diskussion stattfinden könnte.

8554/2



Wertet man die Rückstände bei Ölen synthetischer Zusammensetzung aus, so werden die Ergebnisse sehr unterschiedlich. Es gibt Öle, bei denen die Ringpartie auch nach langen Laufzeiten fast sauber ist, während der Boden ziemlich Rückstand zeigt und umgekehrt. Man kann daraus wohl auf ein unstetiges Verhalten der Rückstandsbildung in Abhängigkeit von der Temperatur schliessen, im gesamten betrachtet, lässt sich jedoch nur in den Fällen, wo ein derartiges Verhalten des Schmierstoffes aus anderen Prüfungen, wie z.B. dem Verdampfungstest, bekannt ist, eine eindeutige Feststellung treffen. Ebenso ist bei Mineralölen mit Zusätzen von mehr als den bei Inhibitoren angewandten Mengen, wie z.B. stark geschwefelten Ölen, meistens ein vom normalen Ausbaubefund abweichendes Rückstandsbild festzustellen. In diesen Fällen ergibt dann die Vollanalyse oft den gewünschten Aufschluss.

Damit kommt man zu einem weiteren Punkt: Die Beziehung zwischen Laufzeit und Analyse des Schmierstoffes.

Betrachtet man bei verschiedenen Schmierstoffen, die, obwohl aus gleichem Grundstoff, auf Grund der weiterverarbeiteten und Behandlung verschiedene Laufzeiten erzielen, die Analysen der Neuöle, so sind in den wenigsten Fällen besondere Merkmale festzustellen. Überhaupt keine Anhaltspunkte erhält man aber bei gleichen Ölen die mit Inhibitorzusätzen behandelt wurden. Auch die Alterungsteste ergeben in diesem Fall keine Unterschiede, die grösser sind als die Messgenauigkeit analytischer Messungen. Trotzdem unterscheiden sich solche Öle in der Laufzeit oft ganz beträchtlich.

Die einzige Untersuchung, bei der bisher eine gewisse Übereinstimmung der Werte gefunden wurde, ist der Conradsontest. Aber auch hier beschränkt sich nach unseren Erfahrungen die Übereinstimmung auf einheitlich aufgebaute Schmierstoffe, wie z.B. paraffinbasierte Öle.

8555

Nicht viel günstiger liegen die Verhältnisse bei der Analyse der Gebrauchtsöle. Es können zwar aus der Viskositätsänderung Rückschlüsse auf die im Motorbetrieb zu erwartende Ölverdünnung gezogen werden, Prüfungen auf feste Fremdstoffe, Verseifung und Asphaltgehalt aber lassen nur selten eine Übereinstimmung mit dem Ringsteckverhalten bzw. der Laufzeit erkennen. Trotzdem sind diese Analysendaten für die Beurteilung des Dauerverhaltens in Flugmotoren notwendig. Bei diesen ist ja nicht nur die Ringsteckneigung, sondern auch andere Erscheinungen, wie Verschmutzung des Triebwerks und der Hilfsantriebe, oder im besonderen die Schlammbildung für die Brauchbarkeit und Güte eines Schmierstoffs massgebend.

Damit kommt man zu einer Erscheinung im Dauerverhalten von Schmierstoffen, die ich noch erwähnen möchte, und zwar die allgemeine Rückstands

Die Erfahrung in Bezug auf diese Rückstands- bildung zeigt zwischen Zylinder und Vollmotor bisher nur eine bedingte Übereinstimmung. Schmierstoffe, die sich z.B. — im Einzylinder gut verhalten, ergeben zwar in den seltensten Fällen im 100-Stunden-Lauf des Vollmotors Rückstands

bildung an Kolben und Ringen. Umgekehrt ist es jedoch ohne weiteres möglich und wurde auch mehrfach beobachtet, dass Schmierstoffe trotz kurzer Laufzeit im Einzylinder ein günstiges Verhalten im Vollmotor zeigten. Insbesondere aber ist im Vollmotor vor allem beim Flugbetrieb die erwähnte Schlamm

bildung gewisser Öle ein Umstand, der in seinen Ursachen noch wenig erforscht ist. Eine Untersuchung in grösserem Umfange schüttert in erster Linie daran, dass diese Verschlammung, wie bekannt, am Prüfstand sehr selten, im Einzylinder aber überhaupt nicht zu beobachten war. Wir haben Untersuchungen vorgenommen um den Begriff des Motorschlamm

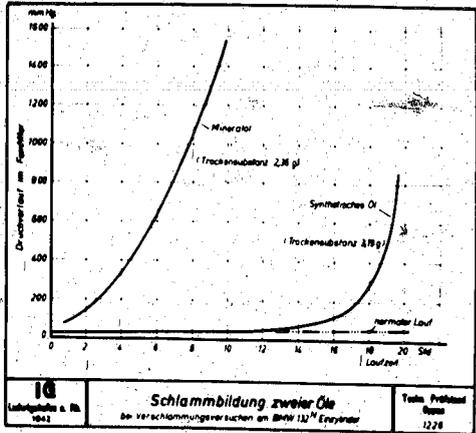
zu definieren. Eine Vollanalyse solcher im Motor gefundener Schlämme ergibt

8556

0471/33

keine Anhaltspunkte für das Wesen des Schlammes bzw. die Stoffe die hauptsächlich bei der Bildung beteiligt sind. Auch hier muss also der praktische Motorversuch Maßstab für die Verschlammungsneigung der Schmieröle sein. Unsere Versuche in dieser Richtung hatten insofern einen Anfangserfolg, als es uns gelungen ist eine Schlamm Bildung auch im Einzylinder - motor zu beobachten.

Die Ergebnisse einiger dieser Versuche zeigt das folgende Bild:



Der Schlamm wird bei dieser Versuchsanordnung der Einfachheit halber nicht durch eine Zentrifuge, sondern durch ein Feinfilter abgeschieden. Die Ordinate der Darstellung zeigt den Druckverlust am Filter, hervorgerufen durch Zusetzen und ist in mm Hg eingeteilt.

Die untere flache Kurve wurde mit einem synthetischen Schmierstoff unter normalen Betriebsbedingungen erhalten. Die darüberliegende Kurve stellt den Druckverlauf für den gleichen Schmierstoff bei besonderen Bedingungen dar und als dritten Kurvenszug sieht man links den Verlauf bei einem unter denselben Bedingungen gefahrenen Mineralöl. Die Reproduzierbarkeit der Kurven wurde durch einige Kontrollversuche nachgeprüft und scheint zufriedenstellend. Eine

8557

80771/39

endgültige Bewertung kann erst aufgrund eines Vergleichs der gefundenen Ergebnisse mit der Praxis erfolgen, die für einige Zeit in Anspruch nehmen werden.

Wenn in den bisher Gesagten ein Überblick über die bis jetzt gemachten Erfahrungen gegeben wurde, so sollen in folgenden noch einige Bedingungen erwähnt werden, die vielleicht zu einer wirklichen Verbesserung der Versuchsgenauigkeit führen können.

Zum ersten verspricht, da die Temperaturen des Zylinders ja nie ein genaues Mass für den an der Bildungsstelle der Ölkohle herrschenden Temperaturzustand geben können, die Messung der wirklichen Ringmuttemperatur eine Verbesserung der Messgenauigkeit. Wir beschäftigen uns mit diesen Versuchen, ich darf aber in diesen Punkte auf die ausführlichen und interessanten Ausführungen von Herrn Glaser verweisen.

In zweiter Linie wird nun die Temperatur der Ringpartie von der Ölkühlung, d.h. der an die Ringe gelangenden Ölmenge wesentlich mit bestimmt. Diese wird einen umso grösseren Einfluss haben, da sie ja auch massgebend ist für die zur Umwandlung in Ölkohle an die Ringe gebrachte Substanz. In dieser Richtung dürfte also die genaue Bestimmung bzw. noch besser Einhaltung einer konstanten Schleuderölmenge im Sterngehäuse eine Verbesserung bringen. Unsere Erfahrungen bestätigen dies insofern, als bei neu überholten Maschinen, wo die Spiele zwischen Kurbelzapfen und Pleuellager bzw. Pleuellager und Kurbelwangen ziemlich gering waren, die ersten Läufe bei ganz geringer Rückstandsbildung lange Laufseiten erhielten. Es besteht dabei die Vermutung, dass es eine günstige Ölmenge gibt, bei der die Laufzeit ein Minimum erreicht, d.h. dass gerade

8558

20471

soviel Öl an die Kolbenringe gelangt, als auf Grund der herrschenden Umsetzungsgeschwindigkeit in Ölkohle abgelagert werden kann. Eine Vergrößerung dieser Menge würde theoretisch eine erhöhte Kühlwirkung des Schmieröls und damit eine längere Laufzeit ergeben, eine Verkleinerung dieser Menge würde weniger Öl als umgesetzt werden kann, an die Ringe gelangen lassen, was im gleichen Sinne eine Verlängerung der Laufzeit bedeuten würde. Wir beschäftigen uns s.Zt. mit derartigen Versuchen, können aber leider noch keine Ergebnisse vorlegen, da das Verfahren noch nicht ganz zur Zufriedenheit arbeitet. Es dürfte aber gerade in dieser Richtung eine Erweiterung unserer Erkenntnisse möglich sein, zumal sich auch andere Stellen mit dieser Frage befassen und so eine nutzbringende Zusammenarbeit erfolgen kann.

8559