

Erfahrungen bei Schmierstoffprüfläufen auf Ringstecken

von Dipl.Ing.W.Lauer

Techn.Prüfstand Oppau, I.G.Farbenindustrie A.G.Ludwigshafen/Rh.

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 bzw. die Prüfung des Ringsteckverhaltens noch weit davon entfernt ein Messverfahren zu sein, wie etwa die ungleich einfachere und genauere Bestimmung des Überladeverhaltens 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 ± 10 v.H. zu erzielen, lässt sich am besten an einem Vergleich mit Laboratoriumsprüfungen von Schmierölen ermeszen. Dort beträgt trotz einfachster und gut zu beherrschender Prüfbedingungen, wie z.B. beim Verkokungstest die Messgenauigkeit nur etwa ± 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.

1,109

- 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 Laufzeiten und ihre Reproduzierbarkeit
 - a) bei Eichöl
 - α) Streuungen über verschiedene Zeiträume (Abhängigkeit von Windrichtung, Ersatzteillieferung 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 Gebrauchtöle
 - c) Verschlammungsneigung von Ölen, ihre Untersuchung im Motor (Opel-Versuche und BMW-Versuche)
- 5.) Einflussgrössen, die noch nicht bekannt sind.
 - a) Ringnuttemperatur
 - b) Ölumlauf im Stern bzw. Schleuderölmenge am Kolben (Abhängigkeit des Öldrucks und damit der Schleuderölmenge von dem Laufspiel des Kurbelzapfens und Verluststelle an den Ölzuführungsringen), Ölverbrauch.

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 Temperatur besprochen werden, da diese, wie bekannt, von größtem Einfluß auf die Versuchsdauer sind. Die gesamte Anlage zeigt schematisch folgendes Lichtbild:

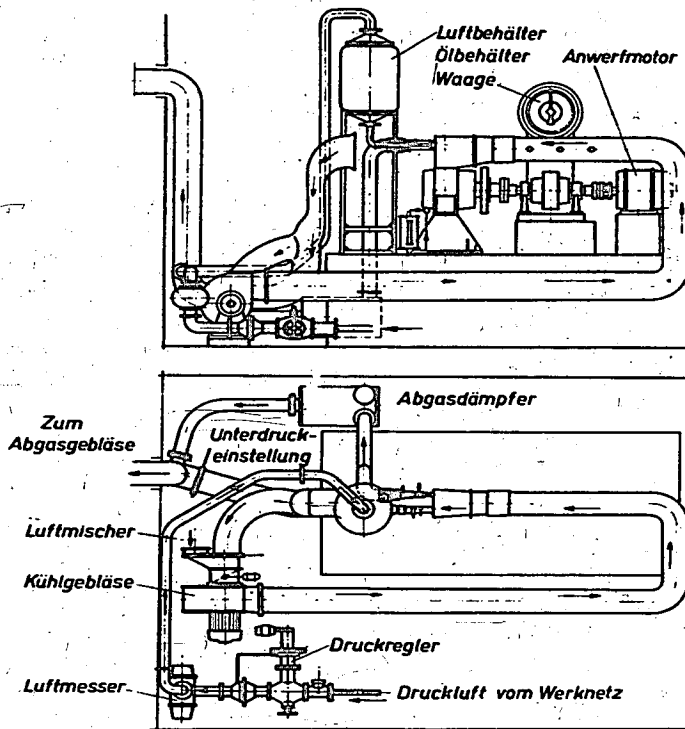


Abb.1: Aufbau des BMW 132-Überlade- u.Schmierstoff-Motors

Der Motor mit Bremse und den Zusatzeinrichtungen befindet sich in einem schalldichten Raum, während die Bedienganlage 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 elektromagnetischem Stichdrehzähler. Der Bremswasserdruck

wird mittels Druckregler gleichgehalten, was einen ruhigen Stand der Anzeige zur Folge hat. Die Ablesegenauigkeit des Drehmoments beträgt dadurch ± 100 g bei 30 kg Belastung, d.h. 0,32%. Die Bedienungseinrichtungen gestatten eine Einstellung des Kraftstoffverbrauchs mittels Pumpenregelung auf $\pm 0,5$ Vol-%, was im Hinblick auf den auch mit der Temperatur stets etwas schwankenden gewichtsmässigen Verbrauch hinreichend erscheint. Die Auspuffgase werden mit einem Unterdruck von 180 - 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° 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°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 im Scheitel des Zylinders voratomte Messstelle geeigneter erscheinen, zumal Ausfülle der letztgenannten bzw. Fehlanzeigen nur etwa den

zehnten Teil von denjenigen der Kerzenringelemente betragen. Zur Sicherheit ist die Messtelle im Scheitel neuerdings als Doppелеlement ausgebildet, sodass stets beim Ausfall der einen noch eine Ersatzmesstelle vorhanden ist. Bei sachgemässer Anbringung der Elemente bestehen dabei nur Unterschiede von höchstens 1°C , was hinsichtlich der Schwierigkeit von Temperaturmessung an angeströmten Körpern als ziemlich genau angesehen werden kann. Die Schmierstofftemperatur wird wie die der Luft durch eine elektrische Heizung ebenfalls mittels Feinregler in bekannter Weise auf $120^{\circ}\text{C} \pm 0,5^{\circ}$ am Öleingang gleichgehalten.

Zur Überwachung der genauen Einhaltung der Ringtemperatur sowie des spezifischen Verbrauchs ist die Messtelle im Scheitel und die der Abgastemperatur mit einem Temperaturschreiber verbunden. Es ist dadurch die objektive Beurteilung der Prüfläufe, besonders da dieselben in Schicht gefahren werden, erleichtert.

Im folgenden sehen Sie noch zwei Aufnahmen der Anlage.

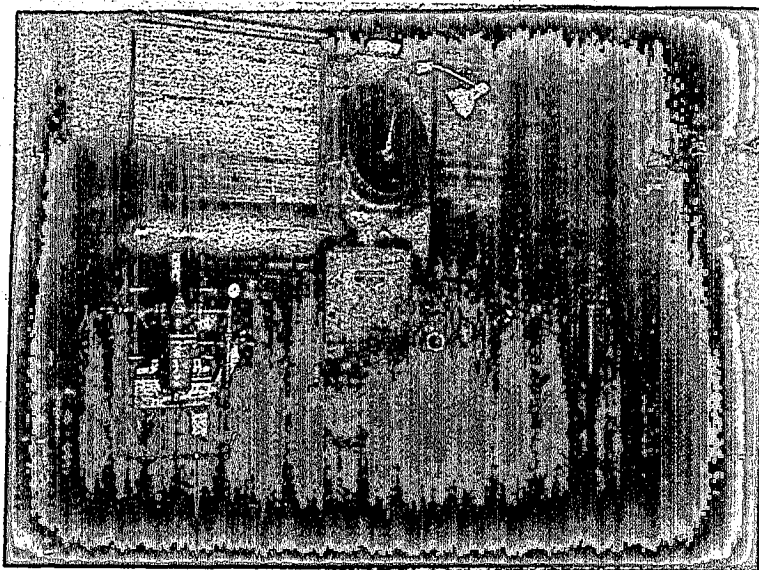


Abb. 2: Gesamtansicht der Schmierstoff-Prüfanlage

Wir haben für unseren Neuaufbau diese Anordnung der vom Prüfaggregat schallisolierten Bedienanlage gewählt, um für das Versuchspersonal, das diese Versuche in zwölfstündiger Tag- und Nachtschicht führt, eine weitgehende Lärm- und Geruchs-beseitigung zu erzielen. Sie sehen in diesem Bild nochmals den Prüfmotor mit abgenommenem Luftschacht und die verschiedenen Zusatzeinrichtungen. Der Anwerfmotor, die Wasserbremse auf dem Bild verdeckt durch die Tachowage, links den Druckregler für das Bremswasser und rechts oben den Ansaugluft-Ausgleichbehälter mit eingebauter elektrischer Heizung. Im Vordergrund rechts ist der als hoher schlanker Behälter ausgebildete Öltank zu erkennen. Die Ölverbrauchsmessung erfolgt bei uns volumenmässig, weshalb eine langgezogene Form des Behälters hinsichtlich der Standablesung günstig ist.

Das nächste Bild zeigt die Bedienanlage.

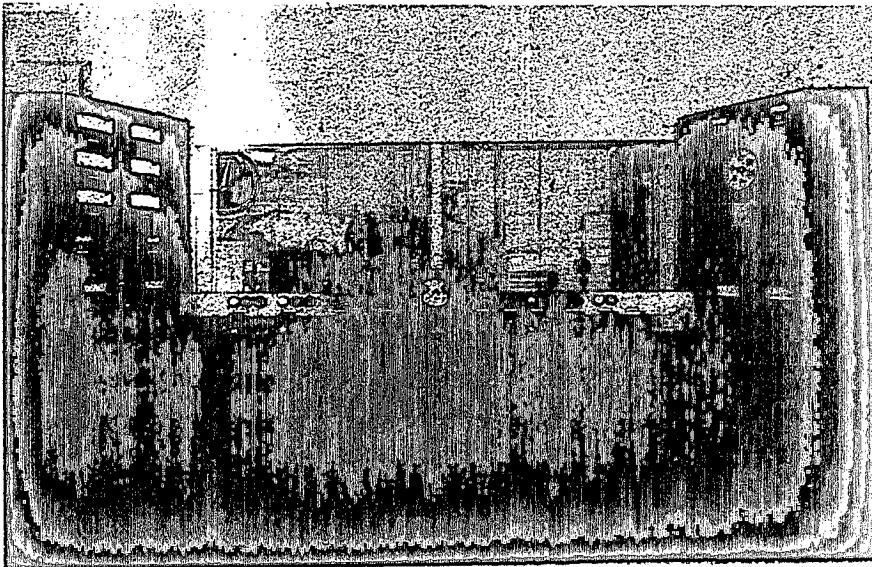


Abb. 3

Ansicht der
Bedien-
anlage

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

Die Voraussetzung für die Beurteilung eines Ringsteckversuchs ist die eindeutige Erkennbarkeit des Versuchsendes. Rund 1500 Prüfläufe am Technischen Prüfstand boten Gelegenheit, die bis vor einiger Zeit noch recht unsicheren Kennzeichen für das Versuchsende, wie sie Durchblasen und Leistungsabfall darstellen, zu beobachten. Es wurden deshalb im Laufe der Zeit zahlreiche Massnahmen zur Verbesserung dieser Erscheinung geprüft. Ich möchte über diese Versuche etwas ausführlicher berichten, da meines Erachtens das Versuchsende bei einigen Prüfstellen noch wenig charakteristisch zu sein scheint.

Bei Versuchsende sollen die in der Ringnut entstandenen Rückstände den Ring festhalten und zwar so, dass ein Durchblasen in Verbindung mit Leistungsabfall auftritt. Damit nun ein deutlicher Leistungsabfall vorhanden ist, soll der Abfall des mittleren Arbeitsdrucks infolge Durchblasen gross sein. Dieser Abfall ist nun im allgemeinen umso grösser je höher der feste Anteil des Rings wird. Im Hinblick auf einen möglichst hohen Querschnitt für den Gasdurchtritt wäre also ein vollkommen fester Ring hier der Bestwert. Wie aus folgendem hervorgeht, ist dies aber für die genaue Erfassung der Laufzeit ungünstig. Es kann nämlich wie mehrfach beobachtet, der Ring so fest werden, dass sich der Hauptanteil der Ölkohle im Nutgrund bildet und der Ring nach aussen gedrückt wird. In diesem Falle dichtet er trotz Festbrennens weiter und ein solcher Lauf kann noch Stunden weitergeführt werden, ohne dass Durchblasen oder Leistungsabfall auftritt. Ein Versuchsende zeigt sich in diesen Fällen meistens erst dann an, wenn durch eine Störung im Temperaturgleichgewicht der Kolben oder die Laufbüchse eine geringe Formänderung erleidet und dann das endgültige Durchblasen zulässt. Diese Anschauung wird unterstützt durch die Tatsache, dass die Er-

scheinung besonders bei solchen Läufen auftritt, die ein ausgezeichnetes Temperaturgleichgewicht über die Versuchszeit haben, d.h. fast keinerlei Nachregulierung der einmal eingestellten Temperatur erfordern. Es ist deshalb, wie wohl auch bei anderen Versuchsstellen angestrebt wird, wünschenswert, dass ein Versuchsende sich bei einem höchstens 80 bis 90% festen Ring anzeigt. Macht man nämlich die Voraussetzung, dass vom Beginn des Festwerdens bis zum vollkommenen Festsitzen des Rings nur eine kurze Zeit vergeht, so würde der Fehler bei Bewertung zweier Läufe mit verschiedenem Anteil des ersten Ringes nicht zu gross sein. Bei einem auf dem ganzen Umfang festen Ring ist dagegen eine Beurteilung, bei welcher Zeit das Festwerden eintrat, schwierig, wenn nicht unmöglich.

Die zur Verbesserung der Anzeige für das Festwerden vorgenommenen Massnahmen sollen im folgenden kurz aufgezählt 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 untersuchen, Läufe mit arretierten Ringen gefahren. Die Versuche zeigten in einigen Fällen kürzere Laufzeiten als mit freien Ringen, 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 Ringen vom praktischen Betrieb des Motors entfernt und wurde deshalb wieder aufgegeben.

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

Lässt man nur den ersten Ring und den Ölabstreifring 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 Stosslücke 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.

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

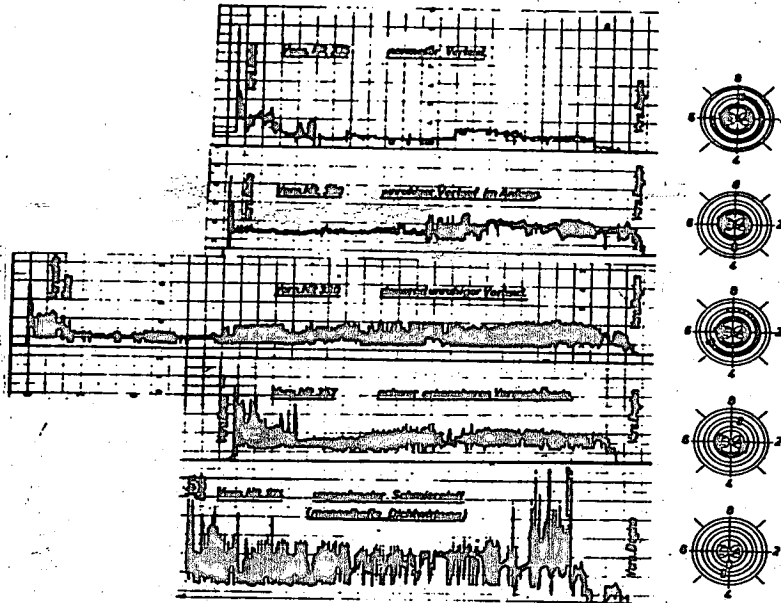


Abb. 4:
Verlauf
des Gas-
durch-
tritts

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 2% 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.



Wenn auch damit das Versuchsende eindeutig beherrschbar ist, so zeigt die Laufzeit selbst bei gleichem Schmierstoff und Erfüllung aller Bedingungen, wie genaue Einhaltung der Temperaturen, normalen Ausbaubefund usw., leider noch ziemliche Unterschiede.

Wenn nun diese Versuchserfahrungen in vielen Fällen keine unmittelbare Anwendung in Richtung einer Verbesserung der Versuchsgenauigkeit gestatten, so sollen diese Fälle doch im 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 Ölumlaufmenge von 8 bis 10 kg. Diese Möglichkeit besteht umsomehr, 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.

1112

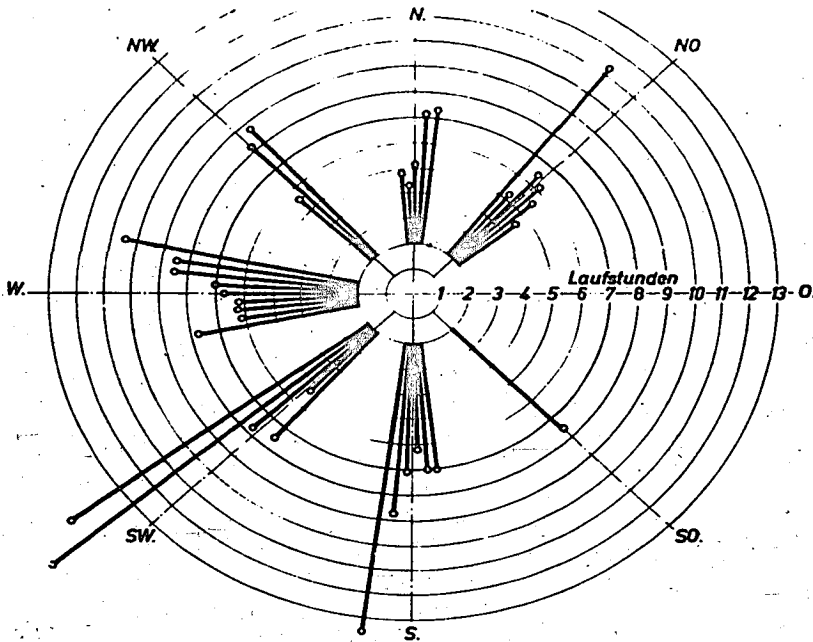


Abb.5:
Eichöl-
Laufzeit
u. Wind-
richtung

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.

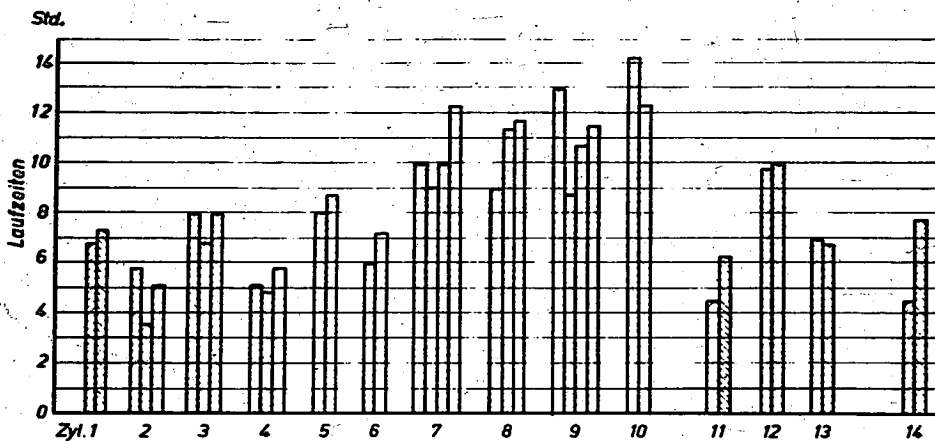


Abb.6: Laufzeiten von Rotring.Eichöl auf verschiedenen Zylindern
Man erkennt daraus, dass bei verschiedenen

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 -

lich vorgenommene Prüfung, inwieweit das benutzte Prüfaggregat die Laufzeit bei gleichem Zylinder beeinflussen kann, ergab nur geringe Unterschiede zwischen den einzelnen Motoren. So erhielt man z.B. für Rotring Eichöl mit dem gleichen Zylinder auf Motor 1 sieben Stunden, auf Motor 3 sechs Stunden 50 Min. und auf Motor 4 wieder sieben Stunden. Ein anderer Zylinder hatte die sehr kurze Laufzeit von nur 4 Stunden 55 Minuten auf Maschine 1, wobei eine Prüfung auf Maschine 4 vier Stunden 30 Minuten ergab, ein dritter Zylinder lief auf Maschine 4 acht Stunden 40 Minuten und auf Maschine 2 wieder 8 Stunden 15 Minuten. Wenn auch die letztgenannten Werte in ihrer Übereinstimmung etwas günstig erscheinen, so ist daraus doch zu schliessen, dass die grossen Unterschiede der einzelnen Zylinder nicht von verschiedenen Motoren herrühren. Andererseits dürften aber die noch vorhandenen Unterschiede verschiedener Läufe mit gleichem Zylinder auf andere Einflüsse zurückzuführen sein.

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

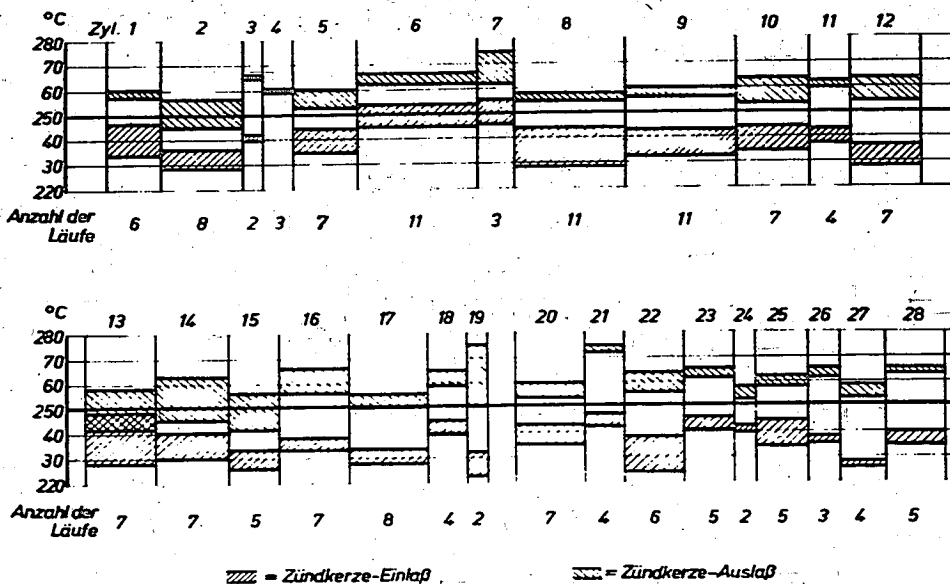


Abb.7: Kerzenringtemperatur bei verschiedenen Zylindern (Scheiteltemp.gleichbleibend 250°C)

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 Erkenntniss 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 Prüfzylinder herrühren können. Es ist deshalb anzustreben, die Temperaturbezugsstelle näher an die Ringpartie zu verlegen, d.h. entweder die Temperatur der Laufbüchse in Höhe des oberen Umkehrpunktes zu messen, oder, falls eine Entwicklung einer für Dauerbetrieb geeigneten Kolbentemperaturmessung gelingt, diese anzuwenden.

Bedingt durch die vorhin erwähnten Streuungen ist es dann auch schwierig, sonstige Einflüsse, wie Kolbenspiel, Ringspiel, Ringstellung usw. zu erfassen. Führt man nämlich solche Auswertungen bei den Läufen mehrerer Zylinder durch, so geht die 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 beschreitet, ergab sich als Erfahrung aus einer großen Anzahl von Versuchen: 1.) Das Kolbenspiel hat, falls nicht zu große Unrunde auftreten, praktisch keinen Einfluß auf die Laufzeit. 2.) In gleicher Weise ist der Einfluß der Ringnutbreite und damit des Höhenspiels des Ringes von nur geringem Einfluß. Lediglich bei zu weiter Ringnut wird eine mehr oder weniger starke Laufzeitzunahme beobachtet.

Ein weiterer Punkt soll hier ebenfalls erwähnt werden. Bei den einzelnen Läufen ist der feste Teil des oder der Ringe verschieden

groß und unterschiedlich in seiner Lage. Es liegt nun nahe, hier eine Abhängigkeit der Laufzeitverlängerung vom ersten Festwerden bis zu vollkommen festem Ring zu suchen. Wir haben einige Versuchsreihen, die mehrere Rotringläufe enthielten, auch nach dieser Richtung auszuwerten versucht. Leider ist auch in diesem Falle kein klarer Zusammenhang zu erkennen, da die einzelnen Kurven teils eine fallende, teils eine steigende Tendenz haben. Die Erfahrung bestätigt, daß in den weit- aus meisten Fällen ein Festwerden des ersten Ringes auf der Einlassseite beginnt und die Laufzeit etwas abnimmt, wenn dabei der Ringstoß sich auf dieser Seite befindet.

Eine der wichtigsten Einflußgrößen auf die Laufzeit ist, wie schon mehrfach erwähnt, die Temperatur des Zylinders bzw. der einzel- nen Messtellen. Wir haben, um die Beziehung zwischen beiden festzu- stellen, mehrere Versuchsreihen gefahren, von denen zwei in einem zeit- lichen Abstand von zwei Jahren aufgenommen, das folgende Bild zeigt.

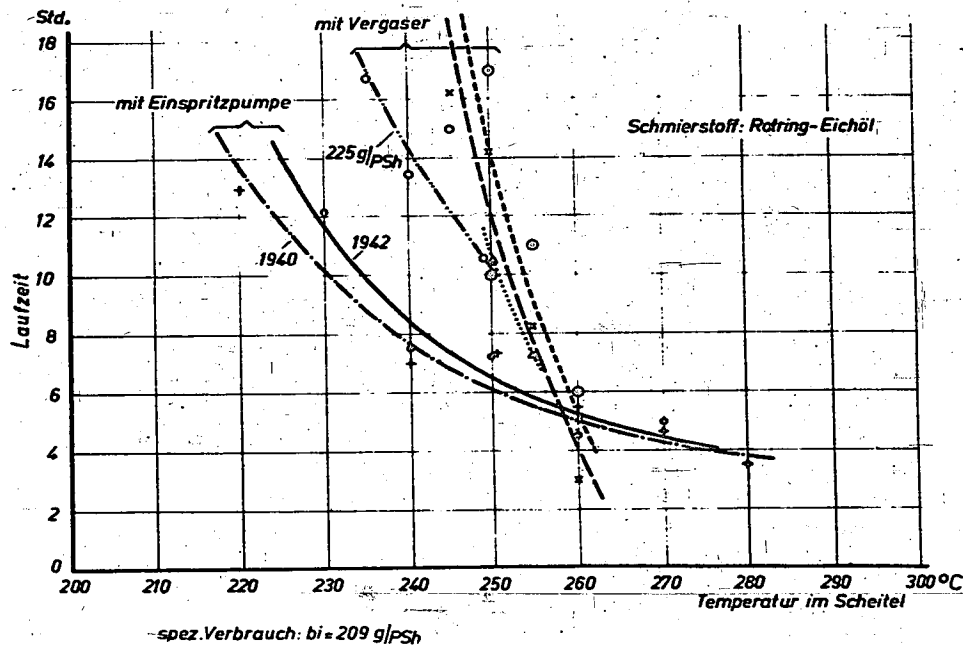


Abb. 8: Laufzeit u. Temperatur bei Einspritzpumpen- und Vergaserbetrieb.

1116

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.

Ist nun, wie gezeigt, die Streuung der Laufzeit bei Rotring Eichöl schon zu gross, so ist besonders bei Ölen, die lange Laufzeiten erzielen, z.B. Mischungen mit synthetischen Schmierstoffen, die absolute Streuung noch grösser. In diesem Falle ist es schwierig, die Wirksamkeit von Zusätzen, die eine Verbesserung der Rückstandsbildung erreichen sollen, nachzuweisen. Wie unsere Erfahrungen ergaben, sind es oft ganz geringe Beimischungen von nur Bruchteilen eines Prozent, die die Laufzeiten oft um 50 v.H. und mehr heraufsetzen. Dabei erreicht in vielen Fällen gerade eine ganz bestimmte Menge dieses Zusatzes ein Optimum an Laufzeit, während mehr oder weniger sofort einen starken Abfall ergibt. Die Bestimmung der optimalen Zusatzmenge ist hier nur mit Kontrollläufen sicher zu bestimmen, da man leicht durch einen zufälligen Grenzwert des Einzelergebnisses ein falsches Bild erhält. Soviel über die Laufzeit als Bewertungsgrundlage für Flug-Schmierstoffe.

Ausser der Laufzeit ist bei der Beurteilung eines Motoren-Schmierstoff, wenn man vom reinen Ringstecken absieht, auch noch das allgemeine Aussehen der Maschine nach dem Lauf, insbesondere des Kolbens und Zylinders, ein wertvolles Hilfsmittel. Es ist deshalb auch bei allen Prüfungen auf Ringstecken der Ausbaubefund üblich. Ebenso ist es verständlich, wenn man versucht, diesen Befund mit der Laufzeit in Beziehung zu bringen. Beim Technischen Prüfstand wird deshalb bei den meisten Läufen eine Gewichtsbestimmung der Ölkohle vom Kolbenboden sowie vom 1. Ring und der 1. Ringaut vorgenommen. Dabei ergibt sich, dass zwar bei Rotringläufen die Ölkohle des 1. Rings der Laufzeit einigermaßen verhältig ist, dass aber die Rückstände am Kolbenboden sehr stark schwanken. Man erhält bei Rotring am Ring bei 8⁰⁰ Stunden Laufzeit im Mittel etwa 2 gr, während beim Kolbenboden das Gewicht zwischen etwa 0,7 und 1,5 gr schwankt.

Sortiert 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 Schmierstoffs.

Betrachtet man bei verschiedenen Schmierstoffen, die, obwohl aus gleichem Grundstoff, auf Grund der Weiterverarbeitung 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. paraffinbasische Öle.

Nicht viel günstiger liegen die Verhältnisse bei der Analyse der Gebrauchtsöle. Es können zwar aus der Viskositätsänderung Rückschlüsse auf die im Motorbetrieb zu erwartende Ölverdickung 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 Rückstandsbildung.

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 Rückstandsbildung 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 scheitert 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 Motorschlammes zu definieren. Eine Vollanalyse solcher im Motor gefundener Schlämme ergibt

0,120

keine Anhaltspunkte für das Wesen des Schlammes bzw. die Stoffe, die hauptsächlich bei der Bildung beteiligt sind. Auch hier muss also der praktische Motorversuch Masstab 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:

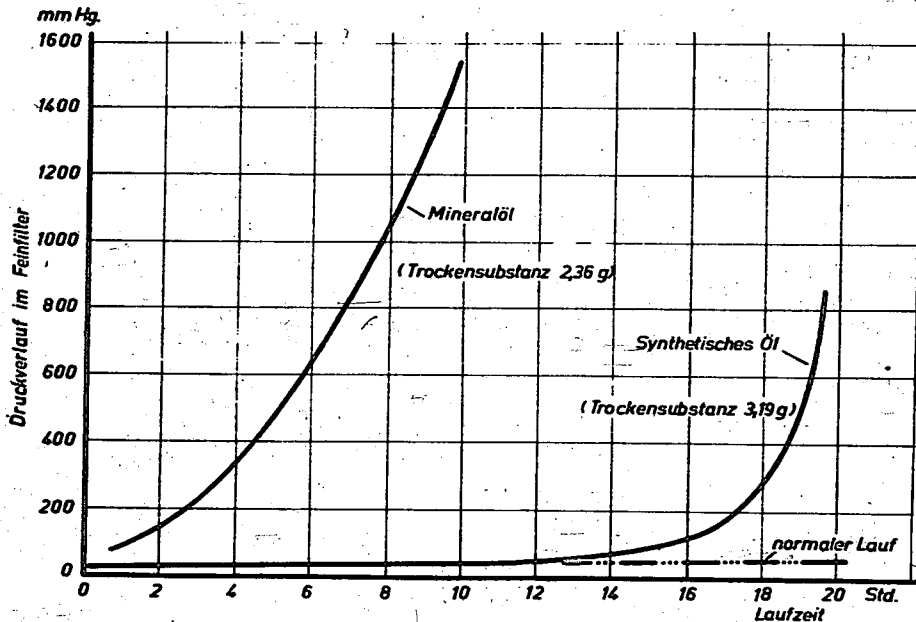


Abb. 9
Schlamm-
bildung
zweier
Öle
(BMW
132 N)

Der Schlamm wird bei dieser Versuchsanordnung der Einfachheit halber nicht durch eine Zentrifuge, sondern durch ein Fein - filter 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 Kurvenzug 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

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

Wenn in dem bisher Gesagten ein Überblick über die bis jetzt gemachten Erfahrungen gegeben wurde, so sollen im 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 Ringnuttemperatur eine Verbesserung der Messgenauigkeit. Wir beschäftigen uns mit diesen Versuchen, ich darf aber in diesem 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 Pleuellager und Pleuellager bzw. Pleuellager und Pleuellager ziemlich gering waren, die ersten Läufe bei ganz geringer Rückstandsbildung lange Laufzeiten erzielten. Es besteht dabei die Vermutung, dass es eine günstige Ölmenge gibt, bei der die Laufzeit ein Minimum erreicht, d.h. dass gerade

soviel Öl an die Kolbenringe gelangt, als auf Grund der herrschenden Umsetzungsgeschwindigkeit in Ölkohle umgebildet werden kann. Eine Vergrößerung dieser Menge müsste theoretisch eine erhöhte Kühlwirkung des Schmieröls und damit eine längere Laufzeit ergeben, eine Verminderung 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 z.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.