

Die motorische Ölalterungsprüfung in den USA.

---

Von Dr.-Ing. C.F.Krienke, DVL, Institut BS.

Die heute in Deutschland zur Anwendung kommenden Verfahren zur Prüfung von Motorenschmierölen hinsichtlich ihrer Alterungsneigung im Betrieb sind zweifellos noch stark verbesserungswürdig. Diese Feststellung gilt sowohl für die motorischen Möglichkeiten der Schmierölbeurteilung, wie auch in einem vielleicht noch stärkeren Maße für die laboratoriums-mäßigen Prüfverfahren. Andererseits haben wir im Augenblick offensichtlich einen Zustand erreicht, in dem das Tempo des Fortschrittes beträchtlich langsamer geworden ist. Da aber Forschungs- und Versuchsarbeiten auf diesem Arbeitsgebiet äußerst kostspielig sind, ist es zweckmäßig, sich in der Welt umzusehen, um festzustellen, ob fremde Länder einer Lösung der gleichen Probleme näher sind als wir, und ob wir gegebenenfalls vom Auslande etwas lernen können, ohne allzuviel Schulgeld zu zahlen.

Als weitaus interessantestes Land in dieser Hinsicht sind die USA anzusehen und in Anbetracht der Entwicklung der Kriegereignisse kann man wohl annehmen, daß ein Vergleich zwischen uns und den Staaten auf den einzelnen Gebieten der Motorisierung und insbesondere auch auf dem der Flugmotoren-betriebstoffe in Zukunft noch aktueller werden wird. Diesen Gedanken entsprechend soll im folgenden über den Stand der Ölalterungsprüfung in den Vereinigten Staaten kurz berichtet werden.

Es soll hier aufgezeigt werden, wie weit man drüben mit der Lösung jener Probleme ist, welche die Erfassung der Ölalterung betreffen. Keineswegs soll über alle gemachten Versuche lückenlos berichtet werden, sondern einzelne, besonders charakteristische oder interessante Prüfverfahren und Versuchsdurchführungen wurden herausgegriffen, um entweder als Anregung zu dienen oder zum Beweis dafür, daß auch die

Amerikaner nur mit Wasser kochen, d.h. mit Schmierölen fahren, welche die Ringe verkleben.

Zu bemerken wäre noch, daß infolge der Zeitumstände, welche einer Reise der neuesten Fachliteratur bis in unsere Hände wenig günstig waren, nur spärliche Berichte über die Ergebnisse allerneuester amerikanischer Versuchsarbeiten vorlagen.

Amerikanische Ansichten über die Erfassung der Öl-  
alterungseigenschaften.

Die Ansichten amerikanischer Fachleute über die Möglichkeiten der Erfassung der Alterungsneigung von Motorschmierölen sind ziemlich einheitlich und lassen sich darin zusammenfassen, daß sie nahezu alle der alleinigen laboratoriumsmäßigen Prüfung einen größeren Wert nur für Zwecke der Identitäts- oder Gleichmäßigkeitsuntersuchung zusprechen. Von größerer Bedeutung für die Praxis sind daher nach Ansicht amerikanischer Kreise allein die Ergebnisse von motorischen Versuchen im Betrieb oder auf dem Prüfstand, sei es in Mehrzylindermotoren oder in besonders entwickelten Einzylindermotoren. Als kennzeichnend für diese Anschauungen möchte ich einige typische Sätze aus einer Arbeit von Baxley und Stewart anführen: "Unglücklicherweise können nur wenige der erforderlichen Kennwerte eines für Hochleistungsflugmotoren geeigneten Schmieröles durch die gewöhnliche analytische Untersuchung bestimmt werden und oft sind die Bedingungen, welche bei einem derartigen Motor an das Öl gestellt werden, soweit entfernt von aller Erfahrung, daß sogar die augenblicklich anerkannten Methoden der Ölanalyse unter Umständen ein irreführendes Bild geben können, sodaß sie erst durch eine Prüfung im Motor bestätigt werden müssen."<sup>[1]</sup> Die bei diesen motorischen Versuchen auftretenden Schwierigkeiten sind drüben genau erkannt und analysiert worden. Umfangreiche und mit großen Mitteln durchgeführte Versuche haben dabei den überragenden Einfluß der Betriebstemperaturen

auf die Rückstandsbildung, den gleicherweise überaus großen Einfluß des seitlichen Ringspieles auf die Zeit bis zum Ringfestgehen und andere Einflußgrößen klar erkennen lassen. Die so gewonnenen Erkenntnisse und die daraus gezogenen Folgerungen decken sich zum größten Teil mit den deutschen Erfahrungen.

Trotz der vielfach aufgeklärten Einflüsse scheint aber über die Frage der Übertragbarkeit der so gewonnenen Bewertung auf normale Betriebsverhältnisse keine volle Klarheit zu bestehen, denn allgemein wird in den USA eine Erprobung des Schmieröles im Betrieb, d.h. im Flug- oder Straßenversuch als unerlässlich und für eine endgültige Auswahl und Zulassung als allein entscheidend angesehen.

Wenig einheitlich sind immer noch die Ansichten über jenen Vorgang der Ölalterung, welcher in Form der Rückstandsbildung zum Ringstecken führt, und welcher im Flugmotor als unangenehmste Erscheinung der Ölalterung anzusehen ist. [2] [3] [4] Dies gilt aber auch für Erscheinungen, wie Lack- oder Schlammbildungen, welche auch für den Kraftwagenmotor von erheblicher Bedeutung sind und sich deshalb in USA besonderer Beachtung erfreuen, ohne daß sich jedoch über die chemischen und physikalischen Vorgänge selbst eine einheitliche Meinung durchgesetzt hätte. [5]

Neben der mehr theoretischen Erforschung dieser Vorgänge scheint auch in Amerika die Schaffung eines zuverlässigen Prüfverfahrens für die Ölalterungsneigung als besonders vordringlich angesehen zu werden, denn die auf den Startbahnen stehenden Flugzeuge werden starten müssen, ohne auf die noch ausstehende Einigung der Forscher warten zu können.

#### Die Erprobung von Schmierölen im Betrieb.

Die älteste und zugleich auch heute noch entscheidende Ölalterungsprüfung ist in den USA die der Erprobung im Betriebe selbst. Dies ist bemerkenswert, da man sich

der bei der Auswertung derartiger Betriebsversuche auftretenden Schwierigkeiten völlig bewußt ist. Neben Einzelversuchen mit ihren besonders schwer verwendbaren Ergebnissen führte die Beliebtheit von Großzahlversuchen beim Amerikaner in Verbindung mit der Größe der zur Verfügung stehenden Mittel zur Durchführung umfangreicher Straßen- oder Flugversuche. Die Bewertung der Alterungsneigung eines untersuchten Schmieröles geschieht hierbei im allgemeinen auf Grund einer Beurteilung des Motorzustandes nach der Verwendung des betreffenden Öles, wie sie in grundsätzlich gleicher Art bei Vollmotor-Prüfstandsläufen auch üblich ist. Ergebnisse von derartigen amerikanischen Betriebsversuchen sollen hier nicht gezeigt oder besprochen werden, sondern es möge die Feststellung genügen, daß auch in den USA auf diese Weise keine völlig eindeutigen und unanfechtbaren Werte für eine Schmierölbeurteilung erzielt wurden.

Die Prüfung von Schmierölen im Einzylinder-  
Prüfmotor.

Der Mehrzylinder-Prüfstandsversuch besitzt, wenn auch in geringerem Maße, die erwähnten Schwächen des Betriebsversuches ebenfalls und um dieselben nach Möglichkeit auszuschalten, führten gleiche Überlegungen wie bei uns zu etwa gleicher Zeit - als in Deutschland Gosslau bei Siemens und die I.G. in Oppau, unabhängig von den Amerikanern ihre ersten diesbezüglichen Versuche durchführten - zur Untersuchung von Schmierölen in großen und kleinen Einzylinder-Motoren. Diese Versuche ermöglichten erstmalig die einigermaßen genaue Einhaltung vieler einflußreicher Betriebsbedingungen und damit den Übergang der Schmierölbeurteilung aus einer Art Geheimwissenschaft, um nicht zu sagen Hellseherei, in eine Spezialwissenschaft mit allerdings noch vielen dunklen Punkten.

Typische und interessante amerikanische Einzylinderversuche sollen im folgenden etwas eingehender besprochen werden.

031

## I. Versuche am Flugmotoren-Einzyylinder.

Derjenige Einzyylinder-Prüfmotor, welcher weitgehend dem in Deutschland an mehreren Stellen verwendeten BMW 132-Einzyylinder-Ölprüfmotor entspricht (abgesehen von seiner mit 25 PS etwas kleineren Leistungsgröße), ist in Amerika ein Prüfmotor, wie ihn Baxley und Stewart benutzen. [1] Bis auf das Kurbelgehäuse werden Flugmotoren-Einzelteile verwendet.

Die Abb.1 zeigt den Ölumlaufl des Versuchsmotors mit seinen Besonderheiten.

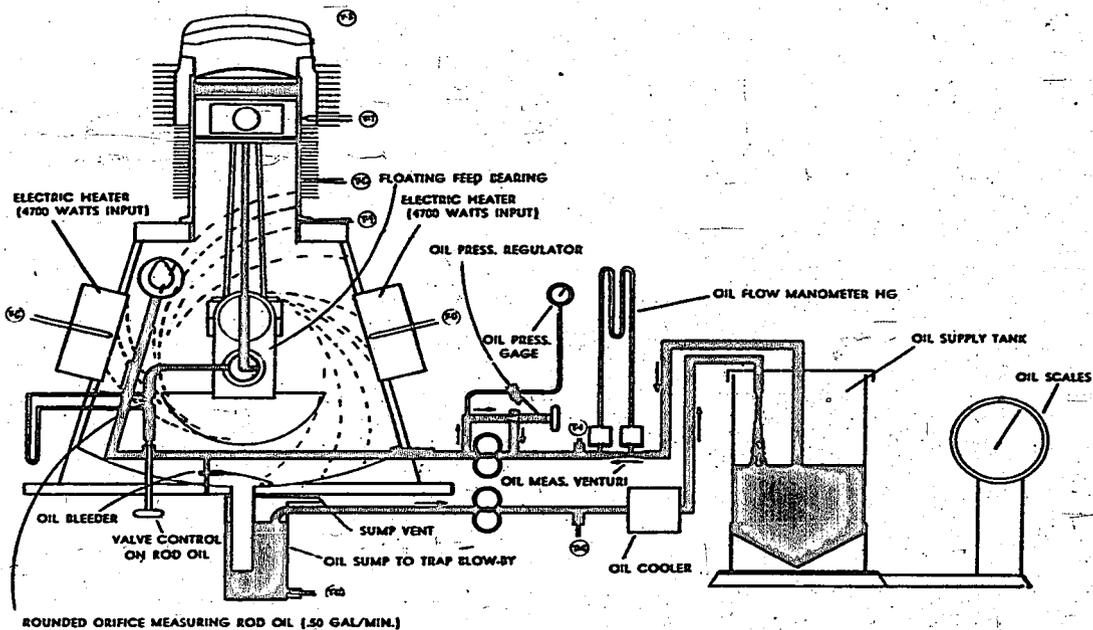


Abb.1: Ölumlaufl des Prüfmotors (n. Baxley u. Stewart)

Bemerkenswert scheinen besonders die auf der nächsten Abbildung (Abb.2) gezeigten Einzelheiten des Ölumlaufls zu sein.

Eingebaute Meßeinrichtungen dienen einer genauen Ermittlung der Gesamtölmengen, sowie der Regelung der Ölzufuhr zum Hauptpleuellager. Eine besondere Bauart des Sumpfes ermöglicht die einwandfreie Messung der durchblasenden Gasmengen.



Das nächste Bild (Abb.4) zeigt eine Gesamtansicht des Prüfstandes, welche die Ähnlichkeit mit den deutschen BMW 132-Ölprüfständen deutlich erkennen läßt.

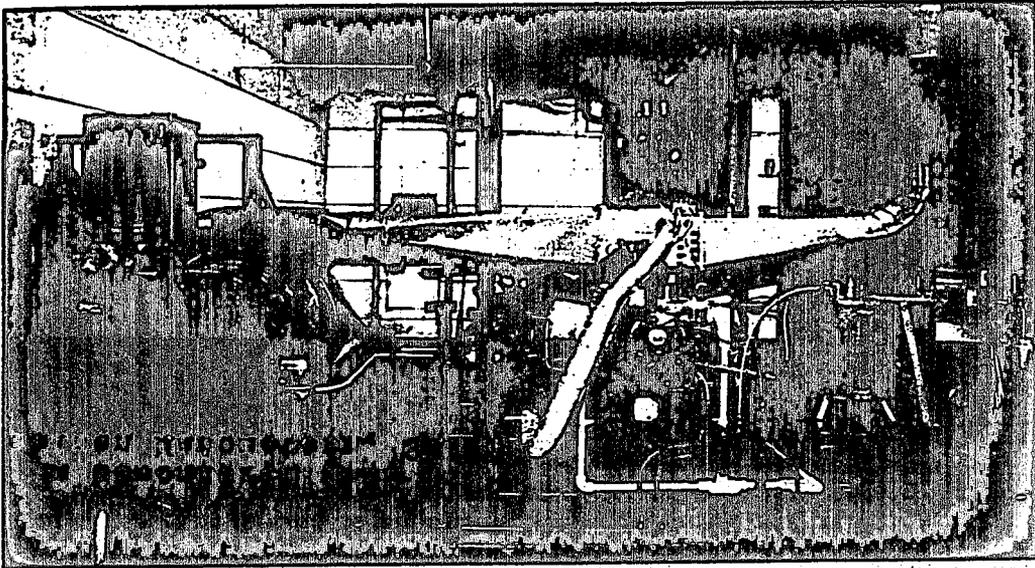


Abb.4: Prüfstand mit Einzylinder-Ölprüfmotor

Alle Einzelheiten, welche uns aus der täglichen Arbeit geläufig sind, finden wir auch an diesem Prüfstand wieder. Dies gilt im besonderen auch für das Instrumentenbrett (Abb.5) mit seinen Manometern, Schaltern u. Regulierwiderständen.

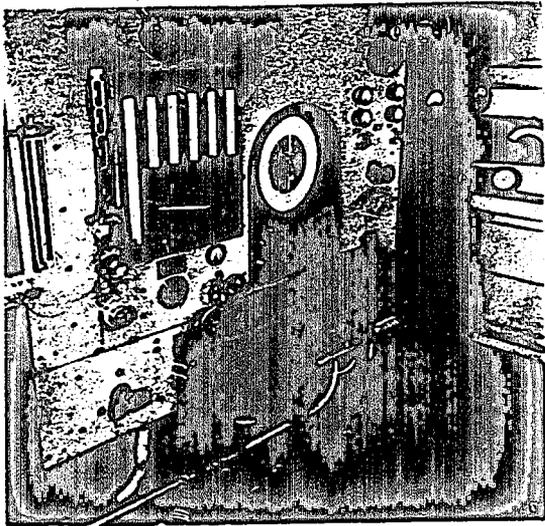


Abb.5: Instrumentenbrett des Ölprüfstandes.

Für die Festlegung der Versuchsbedingungen war bei den Amerikanern der Gedanke maßgebend, daß die Ergebnisse von Einzylinder-Motoren denen von Vollmotoren gut entsprechen, vorausgesetzt, daß die Bedingungen des Mehrzylinder-Motors einschl. seiner Ölverbräuche und Ölumlaufrnengen genau reproduziert werden. Unter diesen, also nicht besonders verschärften, Bedingungen, von denen die wichtigsten nachstehend angeführt werden, ergaben verschiedene Flugmotorenöle nach Laufzeiten von 45 bis 75 Std. Ringstecken. Der Prüfmotor lief dabei mit einer Drehzahl von 2000 U/min und einer Volleistung von 25 PS bei einer durch Änderung der Kühlluftführung geregelten und aus 12 Zylindertemperaturen gemittelten Laufflächentemperatur von 149°C. Bei dieser Temperatur stellt sich am Kerzensitz eine solche von 232 bis 240°C ein. Geregelt und konstant gehalten wird ferner der Öldruck mit 7,0 kg/cm<sup>2</sup> und die Gesamtölmulaufrmenge, sowie die zum Kurbelwellenlager geförderte Ölmenge. Die ebenfalls konstantgehaltene Ölsumpftemperatur liegt mit 127°C bemerkenswert hoch.

Die Abb.6 zeigt den Verlauf der wichtigsten Betriebstemperaturen während eines Prüflaufes.

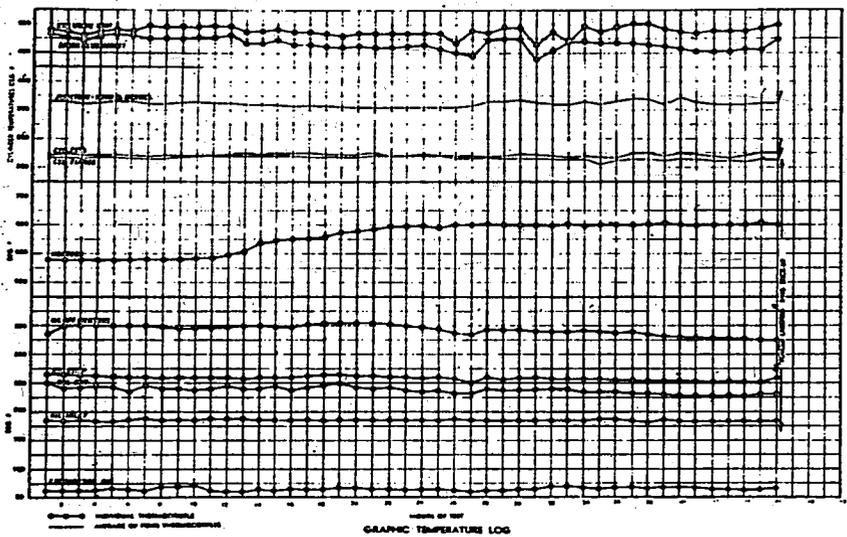


Abb.6: Temperaturen während eines Laufes (n. Baxley u. Stewart)

Zur Feststellung des Zeitpunktes des Festgehens eines Kolbenringes dient die laufende Beobachtung des Gasdurchtrittes und des Ölverbrauches (Abb.7).

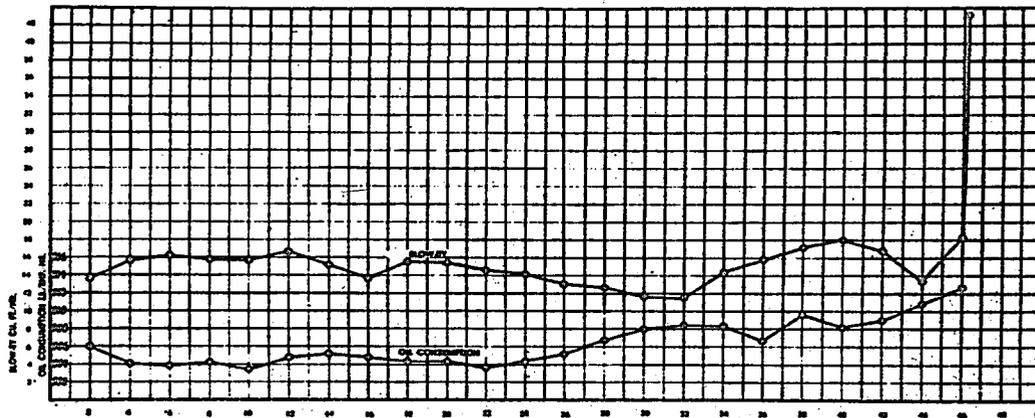
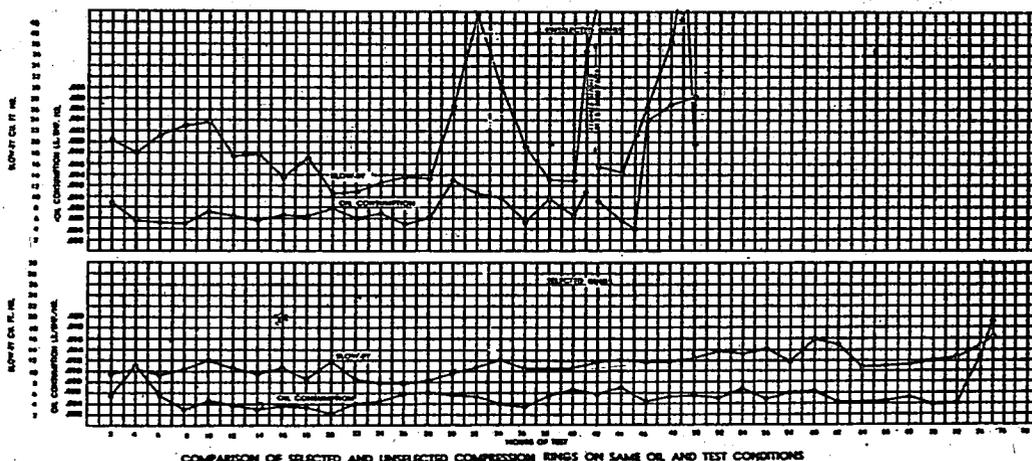


Abb.7: Gasdurchtritt u. Ölverbrauch (n. Baxley u. Stewart)

Auffälligerweise wird von Baxley und Stewart über die Kennzeichnung des Versuchsendes durch einen etwaigen Leistungsabfall als Folge des Ringfestgehens nichts berichtet.

Dagegen wurden die Auswirkungen vieler Einflüsse auf die Laufzeit eines Öles untersucht, so z.B. der Einfluß von hoher und geringer Gleichmäßigkeit in der Ringhöhe (Abb.8).



COMPARISON OF SELECTED AND UNSELECTED COMPRESSION RINGS ON SAME OIL AND TEST CONDITIONS

Abb.8: Einfluß verschiedener Ringe (n. Baxley u. Stewart)

Voraussetzung für einwandfreie Ergebnisse sind in-  
bezug auf die Abmessungen einwandfreie Kolbenringnuten. Und  
zwar ist die Einhaltung dieser Bedingung nach Ansicht der  
amerikanischen Ingenieure infolge der Kolbenverformung wäh-  
rend eines Laufes nur durch Verwendung eines jeweils neuen  
Kolbens für jeden Lauf zu erreichen.

Besonders wichtig und bedeutsam scheint mir der Hin-  
weis von Baxley und Stewart zu sein, daß nämlich die Ein-  
flüsse mechanischer Bedingungen, wie z.B. die Größe des  
seitlichen Ringspieles die Ergebnisse in einem weitaus grö-  
ßeren Ausmaß beeinflussen können als die Unterschiede, wel-  
che sich aus der Verwendung verschiedener handelsüblicher  
Schmieröle ergeben.

Festgestellt wurde weiterhin, daß eine Verschärfung  
der Prüfbedingungen durch Steigerung der Versuchstemperaturen,  
und zwar hauptsächlich der Zylinderwandtemperaturen, Ring-  
stecklaufzeiten in der Größenordnung von rund 8 Std. ergibt.  
Wesentlich ist nun die Behauptung, daß diese Ergebnisse über-  
einstimmen mit den Erfahrungen an neuen und in der Entwick-  
lung befindlichen sehr hoch belasteten Motoren, sodaß sie  
die praktischen Verhältnisse wohl wiedergeben und diese Be-  
dingungen infolgedessen für zukünftige Untersuchungen vor-  
gesehen wurden.

## II. Versuche an kleinen Einzylindermotoren.

Naheliegende Gründe führten in den USA wie auch in  
Deutschland an vielen Versuchsstellen zur Verwendung klei-  
nerer Einzylindermotoren zur Ölalterungsprüfung. So unter-  
suchten Wiley und Prutton die Ringsteckneigung und Lack-  
bildung, sowie die Reinigungswirkung von Schmierölen an ei-  
nem kleinen flüssigkeitsgekühlten Motor von 2½ PS. [6] Die-  
ser wurde aus verschiedenen Motortypen ausgewählt, weil er  
in seiner Größe bei äußerst einfacher Bauart wiederholbare  
Prüfergebnisse bringt. Die Kühltemperatur wird automatisch  
geregelt und registriert. Bei einer Prüfung von Flugmoto-  
renölen wird mit besonders hoher Kühltemperatur gefahren.

Jeder Lauf wird mit neuen Kolben, Ringen und Lagerschalen durchgeführt. Diese Bauteile werden alle 25 Stunden ausgebaut und überprüft, vermessen und gewogen, sowie farbig fotografiert. Die beträchtlich langen Laufzeiten lassen vermuten, daß im ganzen gesehen die Versuchsbedingungen gegenüber denen des normalen Betriebes nicht wesentlich verschärft sind.

Bemerkenswert ist vielleicht noch die Erkenntnis dieser Versuchsingenieure, daß nämlich das gute Verhalten eines Öles unter gewissen Bedingungen noch keine Gewähr ist für eine Brauchbarkeit unter sämtlichen praktisch vorkommenden überaus verschiedenen Betriebsbedingungen.

Ebenfalls ziemlich milde, d.h. den normalen Betriebsbedingungen im Kraftwagenmotor entsprechende Bedingungen wendeten Everett u. Kaller bei ihren motorischen Untersuchungen zur Ermittlung der Ölrückstandsmengen an. [7] Um Vergleichswerte für die Prüfstandsversuche zu bekommen, wurden zuerst Straßenversuche mit einer Reihe von 6-Zylindermotoren durchgeführt. Diese ergaben bereits bei Verwendung des gleichen Öles beachtliche Streuungen in der Menge der abgelagerten Ölkohle bei völlig gleichen Versuchsbedingungen und zwar auch in demselben Motor. Da diese Streuungen bis zu 20% der Werte betragen, können Ölunterschiede innerhalb dieser Größenordnung nicht mehr ermittelt werden.

Die eigentlichen Prüfmotoren waren je 6 Motoren von zwei besonders kleinen luftgekühlten Einzylinderbaumustern der Firmen Delco bzw. Lawson. Das Hubvolumen beträgt 52 bzw. 67 ccm.

Die Versuchsdurchführung erstreckte sich über 40 Std. mit Unterbrechungen nach je 8 Std., um mittels Wägung der Zylinderköpfe auf einer analytischen Waage die Menge der an dieser Stelle gebildeten Ölkohle zu bestimmen. Die Rückstände wurden dabei nicht entfernt, sondern die Zylinderköpfe wurden vorsichtig wieder aufgebaut und die Läufe dann fortgesetzt. Nach Beendigung der 40-stündigen Prüfläufe wurden auch die Kolben gewogen und so die an den Kolben befindlichen Rück-

1,400

standsmengen ermittelt.

Von den 6 jeweils für eine Prüfsérie eingesetzten Motoren gleicher Bauart wurden drei mit dem zu prüfenden Öl und die anderen drei mit einem Vergleichsöl gefahren und die Prüfläufe dann mit einem Austausch der beiden Ölsorten wiederholt. Auf diese Weise sollten die Einflüsse des Motorzustandes ausgeschaltet werden, sowie eine statistische Auswertung der Ergebnisse ermöglicht werden, welche eine Auswirkung von Unterschieden zwischen den einzelnen Prüfmotoren abschwächt. Um auch den Einfluß der Motorbauart auszuschalten, wurde dann die gleiche Prüfsérie mit den 6 Motoren des anderen Baumusters durchgeführt.

Die Versuchsbedingungen entsprachen der Höchstleistung bei ärmstem Gemisch und die Temperaturen betragen z.B. bei einem der beiden Prüfmotorentypen 191°C am Zylinderkopf und 121°C für die Öltemperatur im Kurbelgehäuse.

Die Ergebnisse waren nicht sehr eindeutig und zeigten nur geringe Unterschiede zwischen verschiedenen Ölen. Noch ungünstiger wirkt ein Vergleich der Versuchsergebnisse von allen verwendeten Motoren, wie aus der nächsten Abbildung zu ersehen ist (Abb.9).

Prüföl Nr.	Ölkohlewerte (Bezugsöl = 1,00)		
	Vollmotor (6-Zylinder)	Kleiner Prüfmotor (Delco)	Kleiner Prüfmotor (Lawson)
12	0,85	0,94	0,96
13	1,19	1,40	0,98
14	0,98	1,04	1,11
15	1,10	1,01	1,12
16	0,95	1,16	0,94

Abb.9: Motorische Ölprüfung (n. Everett u. Kaller)

Auf ähnliche Weise untersuchte Neely auf einem Prüfstand der Standard Oil of California die Alterungsneigung von Dieselschmierölen. [8] Kleine Otto-Motoren von 1 1/2 PS Leistung sollen auf Grund von Ringsteckzeiten eine Beurteilung der Öle ermöglichen. Das nächste Bild (Abb.10) zeigt eine Reihe dieser Prüfmotoren auf dem Prüfstand.

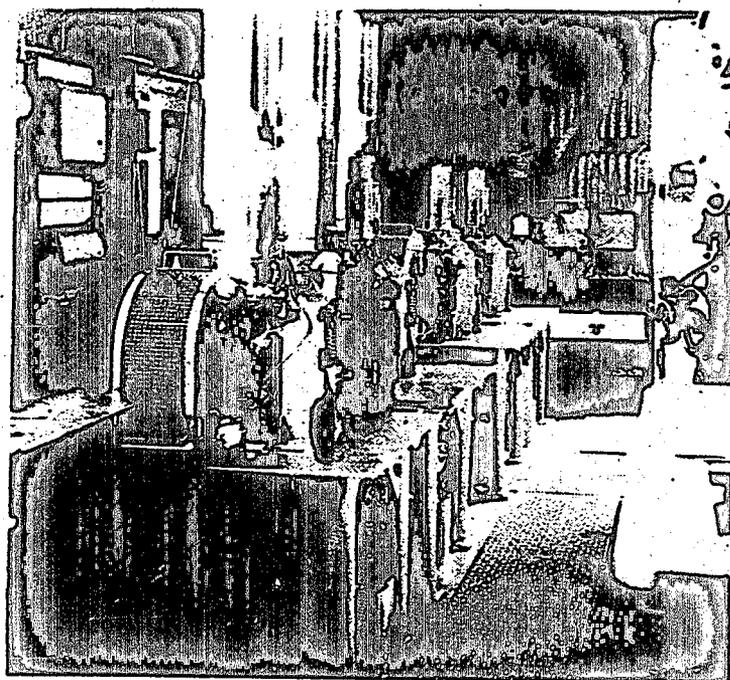


Abb.10: Kleine Ölprüfmotoren (Standard Oil of Calif.)

Die Motoren werden mit Volleistung bei einer Zylinder-temperatur von 190°C betrieben. Über die Versuchsergebnisse berichtet Neely, daß dieselben nicht völlig mit den Betriebsergebnissen von Dieselmotoren übereinstimmen und führt dies auf die nicht ganz gleichen Betriebsbedingungen zurück. Vor allem den aus der mehr oder weniger vollkommenen Verbrennung von Dieseltreibstoffen stammenden Rückständen weist Neely beim Vorgang des Ringsteckens eine größere Bedeutung zu. Festgestellt werden konnte aber, daß Öle, welche bei der Prüfung im kleinen Ringsteckmotor schlechte Ergebnisse bringen, sich auch im großen Dieselmotor ungünstig verhalten. Wie das folgende Bild (Abb.11) zeigt, stimmten die bei der Untersuchung des Einflusses von Zusätzen im Schmieröl mit verschiedenen Motoren gewonnenen Werte nur mäßig miteinander überein.

11402

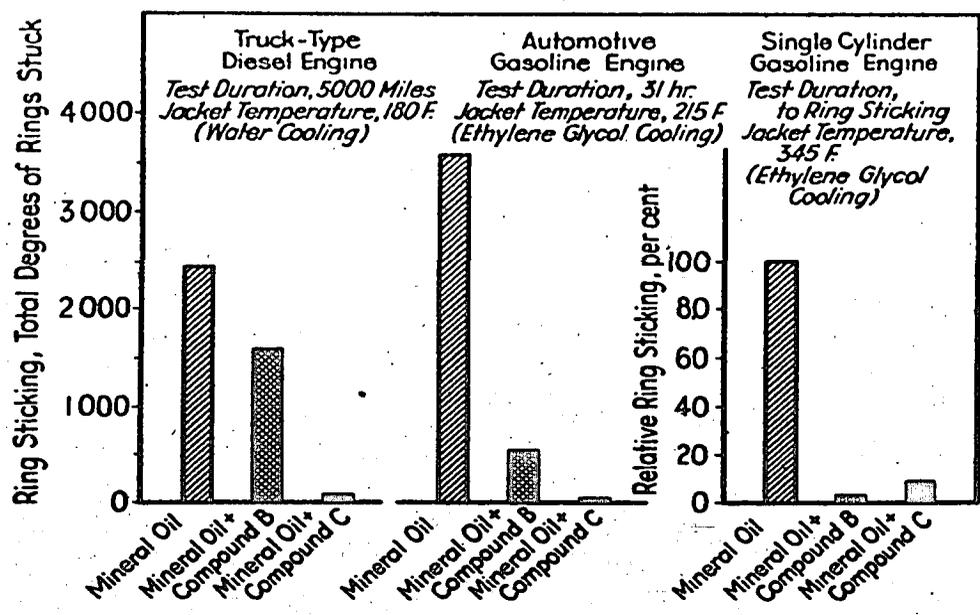


Abb.11: Ringstecken in verschiedenen Motoren

Die Abb.12 zeigt ebenfalls Ergebnisse von Zusatzversuchen und zwar in einer Gegenüberstellung der Werte eines kleinen Ringsteckmotors mit denen von Betriebsversuchen an Dieselmotoren.

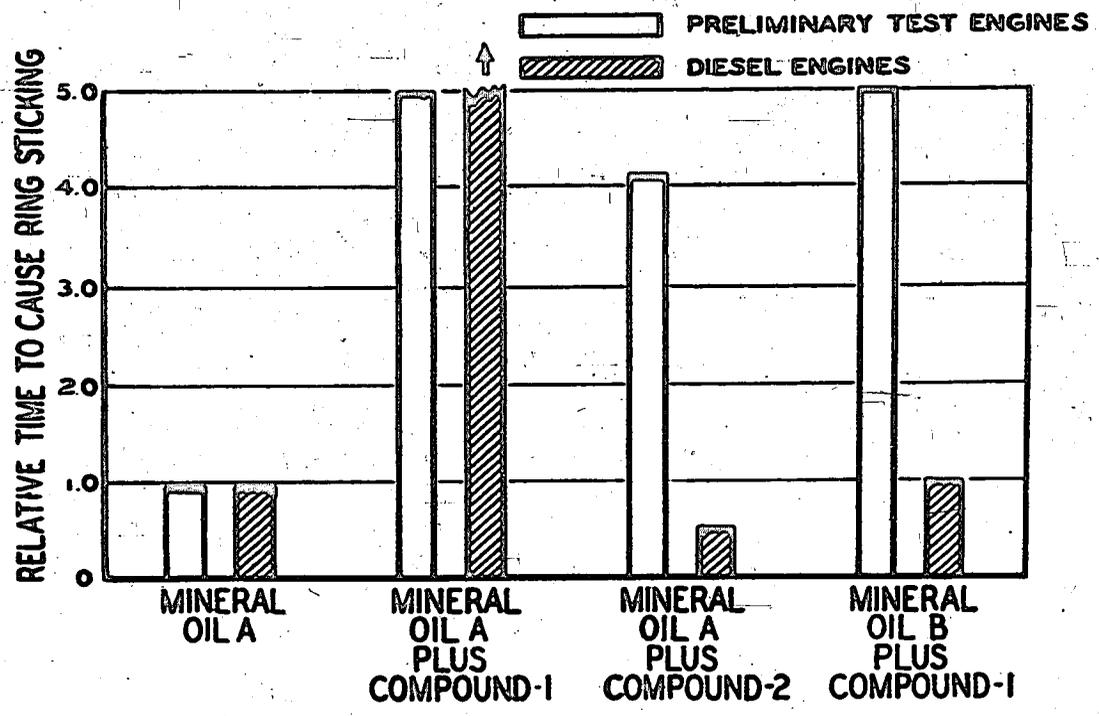


Abb.12: Ringsteckzeiten im Ölprüfmotor und im Dieselmotor (Standard Oil of Calif.)

Von allgemeinem Interesse dürfte noch sein, daß von dieser Stelle auch motorische Versuche durchgeführt wurden, um die reinigende Wirkung von Schmierölen zu ermitteln. Das nächste Bild (Abb.13) zeigt das Ergebnis eines derartigen Prüflaufes.

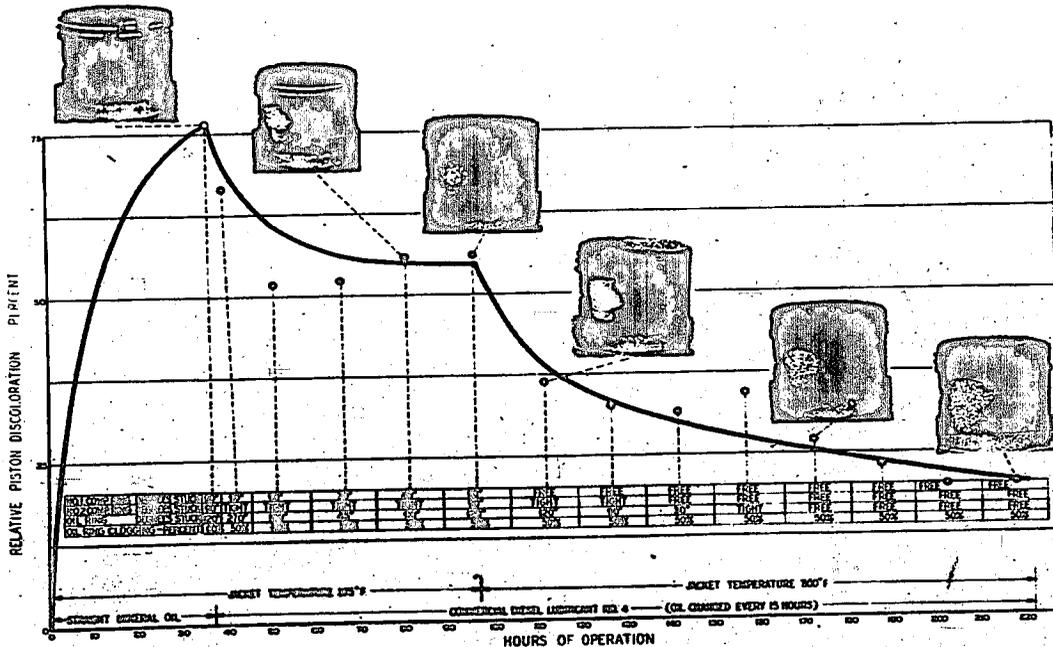


Abb.13: Motorreinigung durch Ölwechsel (Standard Oil of Calif.)

Hier wurde das Aussehen des Versuchskolbens als Bewertungsmaßstab genommen. Nach einem 36-Stundenlauf mit einem reinen Mineralöl war ein Ring festgegangen und als Folge davon der Gasdurchtritt angestiegen, sowie die Leistung abgefallen. Nach dem Wiederezusammenbau der ungereinigten Bauteile wurde nun mit einem anderen Öl weitergefahren. Nach einer gewissen Laufzeit wurde der Ring wieder frei und das Kolbenaussehen zusehends besser. Allerdings wurde von einem bestimmten Zeitpunkt ab die Zylinderlauftemperatur von  $190^{\circ}\text{C}$  auf etwa  $150^{\circ}\text{C}$  herabgesetzt, um die Reinigungswirkung zu beschleunigen.

### III. Versuche am Einzylinder-Diesel-Motor.

Bemerkenswert sind die Erfahrungen einer der größten amerikanischen Herstellerfirmen von Dieselmotoren. Es stell-

te sich hier bei zahlreichen Betriebsversuchen mit verschiedenen Schmierölen heraus, daß bezüglich Ölalterungserscheinungen derartig streuende Ergebnisse auftraten, daß aus denselben keine klaren Schlüsse gezogen werden konnten, wenn man von der Erkenntnis absieht, daß ein Dauerbetrieb mit hoher Last die kürzeste Laufzeit bis zum Festgehen der Kolbenringe ergibt.

Daher wurden von der Caterpillar Tractor Co. durch Rosen Versuche an einem leicht auszubauenden Einzylinder-Dieselmotor durchgeführt, unter den Bedingungen, die bei Betriebsversuchen in kürzester Zeit zum Ringfestgehen geführt hatten. Die Abb.14 zeigt diesen Caterpillar-Ölprüfmotor mit hochgezogenem Zylinder und Kopf.

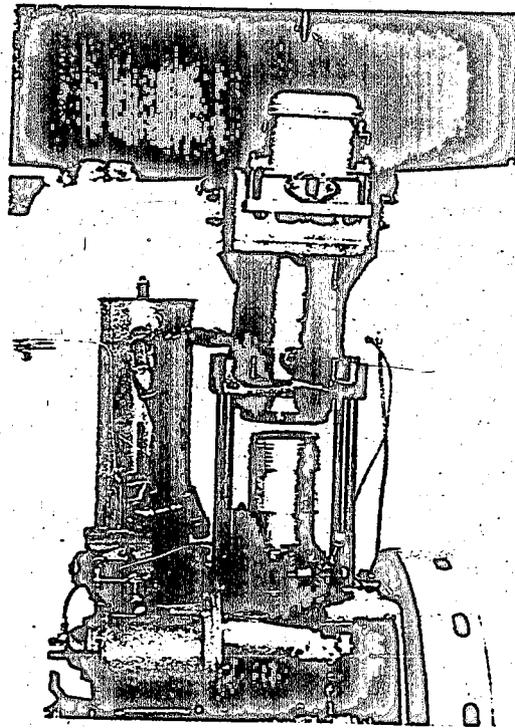


Abb.14: Caterpillar-Einzylinder-Diesel für Ölprüfungen

Als Kennzeichen für den Zeitpunkt des Festgehens der Ringe wurde eine Steigerung des Gasdurchblasens in das Kurbelgehäuse vom normalen Durchschnittsbetrag auf etwa das Fünffache gewertet. Eine Verschärfung der Versuchsbedingungen, um dadurch wesentlich kürzere Laufzeiten zu erzielen, brachte Ergebnisse, welche in keiner befriedigenden Beziehung zu den Betriebswerten standen. Als entscheidender Einflußfaktor

0408

wurde die Temperatur in der Ringträgerpartie erkannt und diese als verantwortlich für das Verhalten von Schmierölen angesehen.

Die Ergebnisse der Schmierölprüfungen zeigten nun vor allem einen Einfluß der Herkunft und Verarbeitung des betreffenden Rohöles. Und zwar wurden mit naphthenbasischen Ölen längere Laufzeiten als mit gleichbehandelten paraffinbasischen erreicht. Andererseits ergab eine schärfere Raffination kürzere Laufzeiten bis zum Ringverkleben als eine schonende Behandlung wie auch aus Abb.15 zu ersehen ist.

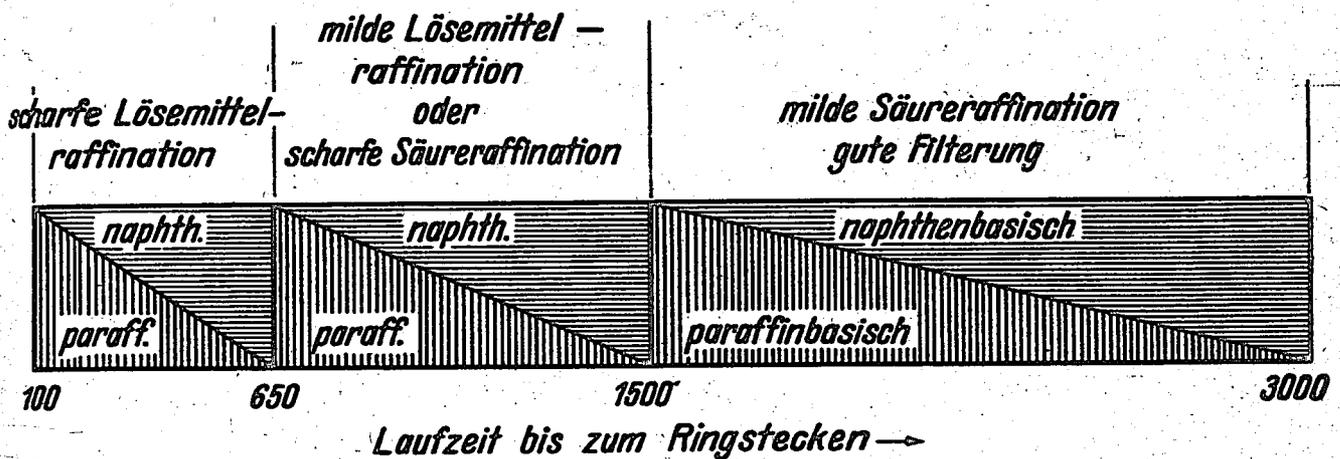


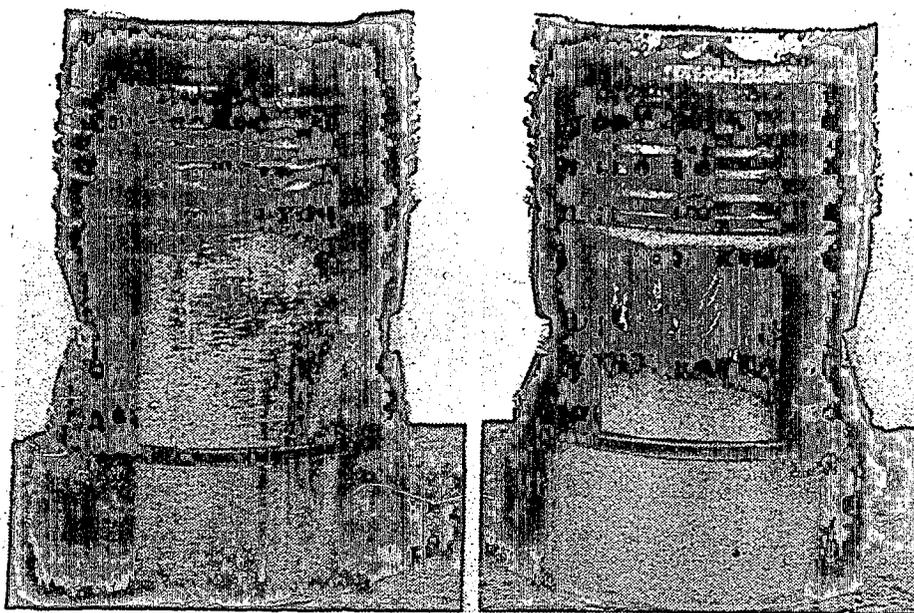
Abb.15: Beziehung zwischen Ringstecklaufzeiten und Art der Raffination (n.Rosen, 1937)

Eine sehr interessante Feststellung wurde bei Läufen mit höheren Temperaturen gemacht, denn diese Versuche ergaben für die Verwendung eines paraffinbasischen Schmieröles bei höheren Versuchstemperaturen ein günstigeres Verhalten als bei gewöhnlichen Betriebsbedingungen, wie Abb.16 eindeutig zeigt. Und zwar wurde der linke Kolben mit einer um 30 bis 40° gegenüber normalem Betrieb erhöhten Temperatur gefahren. Die Folge war einwandfreies Arbeiten der Ringe und bedeutend geringere Rückstandsbildung.

Weitere Untersuchungen ließen als beachtlichen Unterschied im Betriebsverhalten von paraffinbasischen Ölen die Eigenart erkennen, den ersten Ring vorzugsweise zu verkleben und vom naphthenbasischen dieselbe Fähigkeit beson-

0406

ders für die unteren Kolbenringe.

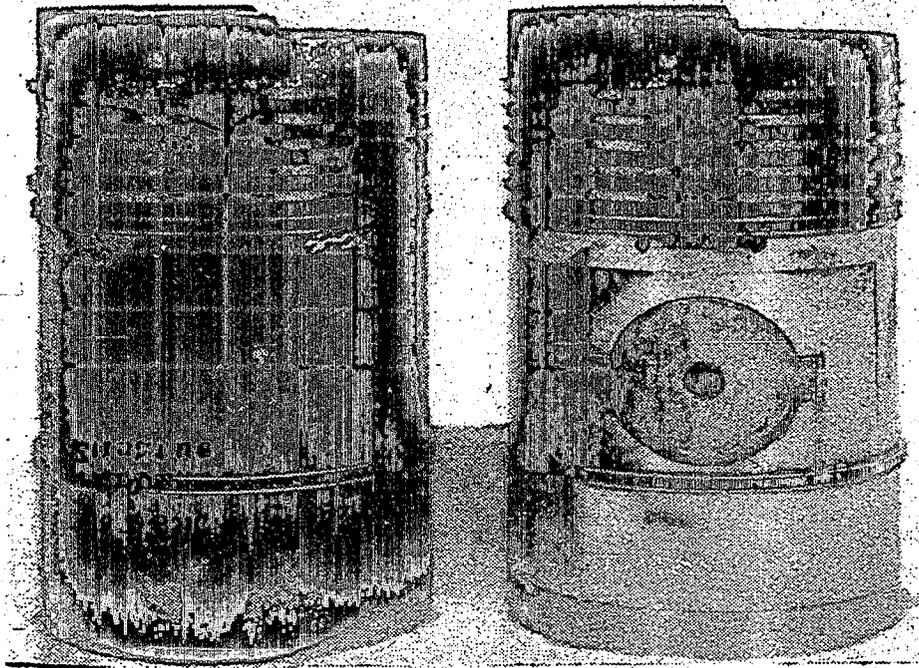


**Abb.16:** Lauf mit paraffinbasischem Öl bei erhöhter (links) und normaler (rechts) Temperatur

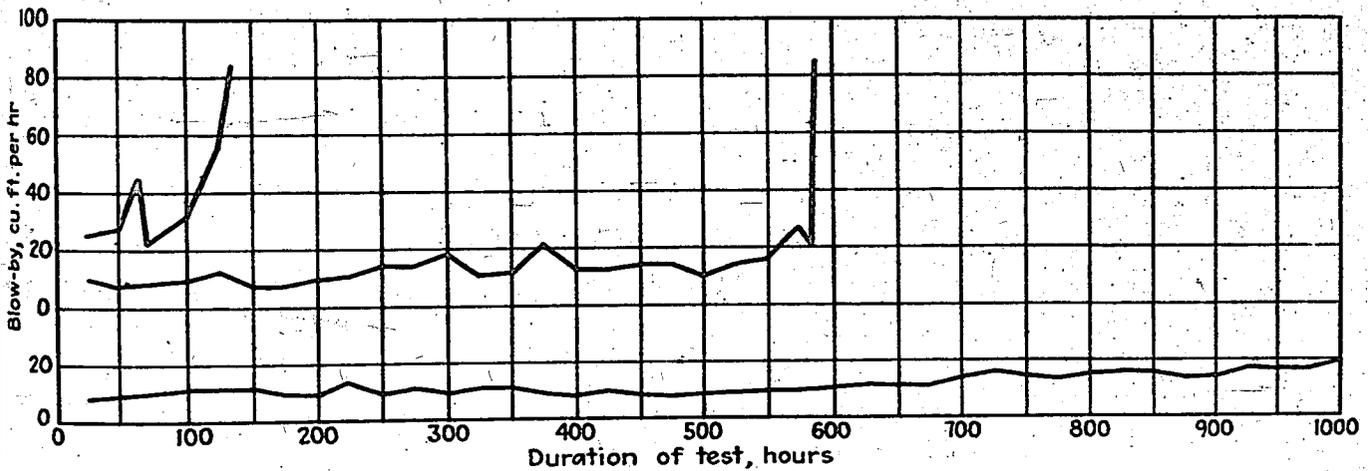
Andere Versuche sollten die Möglichkeit der Verbesserung der Temperaturbeständigkeit durch Zusätze zum Schmieröl klären und nach Meinung dieser amerikanischen Versuchsstelle ist in der Verwendung geeigneter Zusätze die kommende Entwicklungsrichtung zu sehen. Die Abb.17 zeigt einen bei Verwendung von Zusätzen erzielten Erfolg.

Der linke Kolben wurde mit einem gewöhnlichen SO<sub>2</sub>-behandelten reinen Mineralöl gefahren, und es zeigten sich nach einer bestimmten Laufzeit mehrere festgegangene Kolbenringe. Dagegen ergab der rechte Kolben bei Verwendung desselben Schmieröles mit geringen Mengen von Zusätzen bei gleicher Laufzeit vollkommen freie Ringe und ein gutes Aussehen.

Aus der folgenden Abbildung (Abb.18) ersehen wir die Ergebnisse von Prüfläufen mit verschiedenen Ölen aus ihren Durchblaskurven, welche das Versuchsende anzeigen. Die Höhenlage der Durchblaskurven wird nicht bewertet, sondern nur der allgemeine Verlauf.



**Abb.17:** Verbesserung der Temperaturbeständigkeit durch Zusätze



**Abb.18:** Durchblaskurven bei Läufen mit verschiedenen Ölen

In den Versuchsberichten ist übrigens ein interessanter Hinweis darauf zu finden, daß am Kolbenhemd gebildete Rückstände eine Verbesserung für die Abdichtung bedeuten können und dadurch möglicherweise das Erkennen eines durch Ringfestgehen erhöhten Durchblasens erschweren. (Diese Feststellung konnten wir in der DVL am kleinen Siemens-Ölprüfmotor ebenfalls machen).

### Die Prüfung von Schmierölen im Vollmotor.

Wie bereits erwähnt, sehen die amerikanischen Fachleute und hier insbesondere die Ingenieure der Flugmotorenfirmen die Ergebnisse von Einzylinderversuchen nicht als maßgebend für eine Ölswahl und damit als entscheidend für die Zulassung zum Betrieb an, sondern geben Prüfstandsläufen mit Vollmotoren das letzte Wort. Die Ölbewertung geschieht dann allgemein in Form einer Beurteilung des nach dem Prüflauf in seine Bauteile zerlegten Motors, wie sie in Deutschland ganz ähnlich für Flugmotorenöle durch die Bauvorschriften des RLM (BVM) vorgeschrieben ist. Diese Beurteilung und die damit gefundenen Werte sind naturgemäß sehr abhängig von der Erfahrung und der Einstellung des betreffenden Prüfers.

Um diese Art der motorischen Ölbewertung auf eine sachlichere Grundlage zu stellen und damit die Willkür in der Beurteilung des Motorzustandes etwas zu beschränken, führte die Wright-Aeronautical Corporation eine zahlenmäßige Bewertung der Ergebnisse derartiger Ölprüfläufe in Vollmotoren ein, wie sie im folgenden nach den Berichten von Nutt bzw. Beall beschrieben werden. [11]

Es wurde von letzterem ein Punktsystem entwickelt, welches in Verbindung mit einer Formel, die auch einen laboratoriumsmäßig gewonnenen Altöl-Analysenwert enthält, eine Bewertungsziffer für untersuchte Öle ergibt, welche dadurch untereinander verglichen werden können. Dies ist nach Ansicht der Amerikaner unbedingt erforderlich, da eine Auswahl der Öle nur auf Grund der Analysenwerte nicht mehr beibehalten werden kann. Andererseits sei Schmieröl noch der einzige

im Flugmotor verwendete Werkstoff, der noch mit der "Elle" gemessen würde.

Das Verfahren, welches diesen Zustand beseitigen soll, erfordert den 50-stündigen Prüfstandslauf eines Vollmotors unter bestimmten Versuchsbedingungen. Nach dem Auseinanderbau des gelaufenen Motors werden die einzelnen Bauteile genau untersucht und zwar sowohl auf Verschleißerscheinungen, wie auch auf Bildung von Rückständen einschl. festgegangener Kolbenringe als deren Folge. Harz- und Schlammansammlungen werden ebenfalls vermerkt und das Aussehen und die allgemeine Sauberkeit einzelner Teile werden bewertet. Wie die Abb. 19 zeigt, besitzt jeder Bauteil eine Höchstpunktzahl und der Prüfer gibt jedem Einzelteil Strafpunkte in der Größenordnung, um die der Zustand vom besten Aussehen abweicht.

Wie aus den nachstehenden <sup>+)</sup> Abbildungen hervorgeht, sind die auf die Verwendung eines mehr oder weniger guten Schmieröles zurückzuführenden Erscheinungen an den einzelnen Teilen ihrer Bedeutung entsprechend mit verschiedenen Höchstpunktzahlen bewertet.

Die Abb. 20 bringt als Beispiel für eine derartig motorische Prüfung das Ergebnis eines Prüflaufes mit dem Schmieröl K.

Zu berücksichtigen ist noch, daß dieses Prüfverfahren Ergebnisse bringt, welche neben der Alterungsneigung auch die Größe der verschleißverhindernden Eigenschaften in ihren Prüfwerten enthalten. Somit ist dies kein reines Ölalterungsprüfverfahren im engeren Sinne des Themas dieses Vortrages, aber seine Kenntnis dürfte trotzdem von Wert sein. Die zusammengezählte Punktzahl aus der Begutachtung des Zustandes der einzelnen Bauteile stellt noch keineswegs den endgültigen Prüfwert dar, sondern dieser ergibt sich erst aus einer Formel, welche auch das Punktzahlergebnis einer vorzunehmenden Altölanalyse enthält. (Abb. 21)

0,410

Punktbewertung für den Motorausstand nach 50-stündigen Prüfläufen.

Höchstpunktzahl		Höchstpunktzahl	
Kolben, Verschleiß und Aussehen	5	Kolbenbolzen, Verschleiß	1
Verschleiß der Kolbenbolzenaugen	1	Anlenkbolzen, Verschleiß u. Aussehen	4
Aussehen der Kolbenböden	4	Anlenkbolzenbüchsen, Verschleiß	1
Kolben insgesamt	.... 10	Kolbenbolzenbüchsen, Verschleiß	1
Kolbenringe, Verschleiß	20	Kurbelzapfen, Verschleiß u. Aussehen	8
Festsitzen	5	Hauptpleuellager, Verschleiß	14
Spannung	5	Untersetzungsgetriebe, Lagerbüchsen	3
Kolbenringe insgesamt	.... 30	Kurbelgehäuse, allgemeine Sauberkeit	6
Zylinder, Verschleiß und Aussehen der Laufflächen	.... 10	Kurbelgehäuse, Ölschlamm	5
		Schmiernuten im Hauptlager	2
		Filter	5
Kolben, Kolbenringe und Zylinder	.... 50	Kurbeltrieb und Kurbelgehäuse	.... 50

Abb.19: Prüfung von Flugmotorenschmierölen (Wright Aeron. Corp.)

	Optimum or Par Values	Engine Inspection, Oil X
Pistons, wear and appearance	5	4
Piston-pin bosses, wear	1	1
Piston thrust surface, appearance	4	3
Piston total	10	8
Piston-rings, wear	20	14
Piston-rings, stuck	5	5
Piston-rings, feather	5	3
Piston-rings, total	30	22
Cylinder, wear and appearance	10	10
Piston-pin, wear	1	1
Link-pin, wear and appearance	4	3
Link-pin bushings, wear and appearance	1	1
Piston-pin eye, wear and appearance	1	1
Master-rod bearing, wear and appearance	14	12
Master-rod journal, wear	8	7
Spider bushings, wear and appearance	3	2
Crank system and bushings, total	32	27
Crankcase, general cleanliness	6	5
Crankcase, sludge	5	4
Master-rod journal cavity	2	1
Filter	5	4
Cleanliness and sludge, total	18	14
Total engine-inspection score	100	81

Abb.20: Prüfung von Flugmotorenschmierölen (Wright Aeron. Corp.)

Untersuchung des Altöles nach 50-stündigen Prüfläufen im Motor auf:

1. Schlammgehalt
2. Asphaltgehalt
3. Zunahme der Viskosität
4. Zunahme der Neutralisationszahl

Endgültige Bewertung =  $\frac{1x \text{ Altölanalyse} + 2x \text{ Motorzustand}}{3}$

Abb. 21: Prüfung von Flugmotorenschmierölen  
(Wright Aeron. Corp.)

Diese Altölanalyse besteht aus einer Bestimmung des Schlamm- und des Asphaltgehaltes, sowie der Veränderung von Viskosität und Neutralisationszahl und die so gewonnenen Werte werden in Punktziffern umgerechnet.

Von den mit diesem Ölprüfverfahren erzielten Ergebnissen wird behauptet, daß sie in gewisser Übereinstimmung stehen mit den Erfahrungen des Linien-Flugbetriebes. So haben sich die bei der Prüfung bewährten Öle auch im Flugbetrieb günstig verhalten und Öle mit weniger guten Prüfwerten führten im Betrieb zu häufigeren Beanstandungen.

#### Zusammenfassung.

Die gemachten Ausführungen sollten einen kurzen Überblick geben über die in den USA zur Anwendung kommenden motorischen Verfahren zwecks Erfassung der Alterungsneigung von Motorenschmierölen. Die Erkenntnis der Tatsache, daß die Ergebnisse von laboratoriumsmäßigen Prüfungen ebenso wenig wie die Erfahrungen aus Straßen- oder Flugversuchen eine einwandfreie Aussage über die Brauchbarkeit von Schmierölen im Betrieb von Verbrennungsmotoren erlauben, führte in Amerika zur Durchführung motorischer Versuche an grossen und kleinen Einzylinder-Prüfmotoren der verschiedenen Bauart. Infolge der nicht restlos geklärten Übertragbarkeit werden aber allgemein Vollmotoren-Versuche auf dem Prüfstand als letztlich ausschlaggebend für die Zulassung eines neuen Schmieröles angesehen. Die Durchführung einiger

typischer amerikanischer Motorprüfverfahren wurde kurz besprochen.

Bei einem Vergleich mit deutschen Verhältnissen kann zusammenfassend festgestellt werden, daß die USA auf dem Gebiet der Ölprüfung etwa auf derselben Entwicklungsstufe stehen wie wir. Die Verfahren sind in beiden Ländern zu annähernd gleichen Reife entwickelt worden und unterscheiden sich in Einzelheiten kaum und im grundsätzlichen eigentlich nur in der Frage der Schärfe der Versuchsbedingungen. Wie die Abb. 22 noch einmal in einer Übersicht zeigt, wird in den USA im Gegensatz zu uns allgemein unter milderen Bedingungen gefahren, die höchstens den oberen Grenzen des ungünstigsten Betriebszustandes in der Praxis entsprechen. Dies bedingt als Nachteil sehr lange Laufzeiten, welche aber drüben scheinbar lieber in Kauf genommen werden als die Unsicherheit der noch nicht völlig geklärten Frage der Übertragbarkeit.

				Prüfbedingungen entsprechend:		
				I	II	III
<i>Flug- oder Straßenversuch</i>	<i>Vollmotor</i>	<i>Flugmotor</i>	<i>Vacuum</i>	+		
		<i>Kraftwagenmotor</i>	<i>Neely</i>	+		
<i>Prüfstands- versuch</i>	<i>Einzylinderm.</i>	<i>Flugmotor</i>	<i>Baxley u. Stewart</i>		+	<sup>1)</sup>
			<i>Willey u. Prutton</i>		+	
		<i>Kleiner Ottom.</i>	<i>Everett u. Kaller</i>		+	
			<i>Neely</i>	+	+	+
		<i>Dieselmotor</i>	<i>Rosen</i>		+	
	<i>Vollmotor</i>	<i>Kraftwagenmotor</i>	<i>Wiggins u. Hunter</i>		+	
		<i>Flugmotor</i>	<i>Nutt u. Beall</i>		+	

I: normaler Betrieb  
 II: obere Grenze des normalen Betriebes  
 III: weitere Verschärfung der Bedingungen

1) vorgeschlagen

Abb. 22: Amerikanische Prüfbedingungen

1443

Die erheblichen Mittel, die den amerikanischen Versuchingenieuren bislang immer zur Verfügung gestanden haben, erlaubten die Durchführung überaus vielseitiger Untersuchungen, welche dann auch teilweise zu besonders aufschlußreichen Ergebnissen führten. Der augenblickliche Stand der motorischen Schmierölprüfung läßt sprunghaft zu erreichende Erfolge aber kaum erwarten, sondern weitere Fortschritte dürften nur durch eine zähe und unermüdliche Kleinarbeit zu erreichen sein, wie sie vor allem auch in Deutschland durchgeführt wird.

1414

Schrifttum.

- [1] Barley, C.H. u. Stewart, J.F., Methods and equipment used in the development of lubricants for high output service with special reference to aviation oils, Sonderdruck eines Vortrages auf dem 2. Weltpetroleumkongress in Paris 1937
- [2] Bridgeman, O.C., The problem of ring-sticking in aviation engines. SAE-Journ. Bd.41 (1937) Nr.6 (Dez.) S.545/47
- [3] Gruse, W.A. u. Livingstone, C.J. Engine deposits - causes and effects. Symposium of lubricants (1937) S.1/20, ASTM - Baltimore 1937
- [4] Gruse, W.A. u. Livingstone, C.J., Piston deposits. Automobile engineer, 1940 (Nov.) S.374/379
- [5] Kishline, F.F., A symposium on varnish in engines. SAE-Journ. Bd.45 (1939) Nr.2 (August) S.321/324
- [6] Willey, A.O. u. Prutton, C.F., The use of small-scale single-cylinder engines for the evaluation of motor oils. Sonderdruck eines Vortrages auf der SAE-Tagung Juni 40
- [7] Everett, H.A. u. Kaller, G.H., A laboratory method for evaluating the influence of lubricating oils on carbon deposition. Engineering Bd.148 Nr.3857 (15.12.39) S.676/678
- [8] Neely, G.L., Recent developments in Diesel lubricating oils. SAE-Journ. Bd.45 (1939) Nr.5 (Nov.) S.485/500
- [9] Rosen, C.G.A., Engine temperature as effecting lubrication and ring sticking. SAE-Journ. Bd.40 (1937) Nr.4, S.165/172
- [10] Rosen, C.G.A. Cylinder lubrication of small-bore Diesel engines. General discussion on lubrication and lubricants. Group II. Institution of mechanical engineers, London (Okt.) 1937 S.169/177
- [11] Beall, A.L. Selection of oils for high output engines. Sonderdruck eines Vortrages auf der Luftfahrttagung der SAE in Los Angeles (Okt.) 1936