

D i s k u s s i o n .

(1.Tag)

Aussprache nach den Vorträgen von A.v.Philippovich,
Morghen, Gießmann.

Gießmann: v.Philippovich sprach von einer Abdichtung des Kurbelgehäuses zur Messung des Sauerstoffgehaltes. Der Sauerstoff kann in das Kurbelgehäuse durch Atmen des Kolbens gelangen, aber ebenso auch Verbrennungsgas in viel größerer Menge; ohne Abdichtung des Kurbelgehäuses hätte dieses den Sauerstoff wahrscheinlich viel schneller verdrängt. Dafür spricht auch, daß beim Kaltstartverfahren (Benzinzusatz zum Öl) sich nur beim Anlassen des Motors im Kurbelgehäuse ein zündfähiges Gemisch ausbildet, später jedoch nicht mehr, da zu wenig Sauerstoff da ist.

v.Philippovich: Daß während der Verbrennung unverbranntes Gemisch am Kolben vorbeigedrückt wird, ist wohl sicher; auch Williams kommt wegen des verhältnismäßig geringen Verdichtungsdruckes zu dieser Auffassung. Daß auch beim Kaltstart ausser am Anfang keine Zündungen auftraten, dürfte aber kein Nachweis für Sauerstoffmangel, sondern eher für Benzinüberschuß sein.

Glaser: Das Kurbelgehäuse war natürlich nicht vollkommen abgedichtet. Es ist selbstverständlich so, daß die Kurbelgehäusegase abgeleitet und daraus die Analysenproben entnommen werden.

Penzig: Wie lange dauerten die Versuche? Wenn das Kurbelgehäuse an einer Stelle offen ist, dann kann Sauerstoff herein, deshalb müssen auch Abgasanalysen 2 bis 3m vom Auspuffstutzenende entnommen werden. Beim Kurbelgehäuse ist die Strömung noch geringer als beim Auspuff, wirkt sich also hier stärker aus.

v.Philippovich: Die Versuche dauerten bis zu 8 Stunden. Im Gegensatz zum Auspuff ist die Strömung im Kurbelgehäuse weniger stark pulsierend; der Sauerstoff gelangt also wohl doch beim Verbrennungshub in das Kurbelgehäuse, sodaß eine Oxydation des Öles an den Kolbenringen selbst in Frage kommt. - Die Vollmotoren müßten in dieser Hinsicht untersucht werden.

Glaser: stimme v.Philippovich zu; wir hatten nie einen negativen Druck; im allgemeinen strömen Gasmengen von 200 bis 1000 Ltr/Std. aus, sodaß nur geringfügige Sauerstoffmengen von aussen hereinkommen können.

Baader: (zum Vortrag Morghen) Sind auch Versuche mit ihrer Apparatur dahingehend gemacht worden, ob ein Unterschied besteht, wenn man Luft oder Sauerstoff verwendet?

Morghen: Nein! Wir haben die Versuche nur mit Luft und Stickstoff gemacht, mit reinem Sauerstoff nicht.

Müller: Ist bei der Abgasanalyse der CO. CO₂- oder O₂-Gehalt gemessen worden?

v. Philippovich: Es wurde sowohl O als CO_2 und manchmal CO gemessen (teilweise laufend mit einem MoHo-Apparat).

Pongratz: Könnten als Vorstufe der chemischen Veränderung und Alterung primär Isomerisierungen usw. vorausgehen, z. B. die Bildung von sekundären oder tertiären Kohlenstoffatomen? Hat es einen Sinn, daran zu denken, daß dies in der C-Kette auftritt in dem Sinne, daß sich ständig tertiäre und sekundäre Kohlenstoffatome ausbilden, die dann die erhöhte Reaktionsfähigkeit bewirken würden.

Morphen: Man kann sich auch ein Zwischenstadium denken; daß ein tatsächlicher Zerfall bzw. eine Umlagerung bei Flugmotorenölen eintritt, ist nicht gesagt.

Pongratz: Es kann ja ein Zerfall sein, der sofort durch Eingehen der Verknüpfungsstelle stabil gemacht wird. Das wäre durchaus möglich. Man könnte das vielleicht auch so messend verfolgen, daß Viskositätsänderungen bereits nach kurzen Versuchsstadien festgestellt werden.

Morphen: Eine solche Messung bzw. Auswertung eines Öles ist jedenfalls schwierig. Das Ganze ist schon eine etwas zu weitgehende Frage von rein wissenschaftlichem Interesse.

Pongratz: Das wissenschaftliche Interesse ist unter Umständen schon technisch sehr wertvoll.

Morphen: Es wird aber nicht so leicht sein, diese Frage eindeutig zu entscheiden. Das Einzige, was augenblicklich gesagt werden kann, ist, daß die Vorbehandlung des Öles bei gleicher Temperatur unter Stickstoff sich nur unwesentlich auf die folgende eigentliche Alterung auszuwirken braucht, wie im Vortrage gezeigt wurde. Wenn ein Dauerzerfall ohne Rückbildung eintritt, dann kann er also minimal sein.

Beader: (zum Vortrag v. Philippovich) Ist es zulässig, aus einem Sauerstoffgehalt einer koksenthaltenden Ablagerung zu schließen, daß sie durch Oxydation entstanden ist. Sie kennen den Ölprüfapparat von Evers. Es zeigte sich, daß die Öle, die bei der Herstellung oder Vorbehandlung stark mit Sauerstoff oder Luft gerührt oder mit Preßluft zerstäubt waren, eine hohe Sauerstoffaufnahme zeigten, während die nicht in dieser Weise vorbehandelten Öle eine niedrige Sauerstoffaufnahme ergaben. Daraus geht hervor, daß dieser Apparat - (in seinem damaligen Zustand) - tatsächlich den adsorbierten Sauerstoff gemessen hat und nicht den chemisch gebundenen oder die Summe beider. Wäre es nicht ebenso gut möglich, bei einem Rückstand, der wahrscheinlich Koks enthält, dessen starke adsorptive Eigenschaften bekannt sind, den adsorptiv gelösten Sauerstoff zu messen.

v. Philippovich: Dagegen spricht die Zunahme des O-Gehaltes mit der Temperatur, auch sind die aufgenommenen Mengen zu groß für einen rein physikalischen Vorgang. Von den Gasen ist im übrigen CO_2 rund um eine Zehnerpotenz leichter in Öl löslich als Luft oder H_2 .

142

Marder: Ich möchte kurz auf die Frage eingehen, ob bei der thermischen Oxydation von Ölen eine Kohlenwasserstoffumwandlung, z.B. eine Isomerisation, stattfindet, sodaß tertiäre Kohlenstoffe entstehen, die labiler und infolgedessen leichter oxydierbar sind. Die Frage kann mit ziemlicher Sicherheit verneint werden. Es ist von den Spaltreaktionen her bekannt, daß Isomerisationen im allgemeinen nur eintreten, wenn man Katalysatoren benutzt und zwar sind die Katalysatoren, die bei der Ölalterung vorhanden sein können, im allgemeinen keine Isomerisationskatalysatoren, sondern eher Spaltkatalysatoren, wie z.B. das Kupfer. Ich habe z.B. festgestellt, daß bei einem Öl, das bei etwa 200° gealtert wurde, nach einer Oxydationszeit von 100 Stunden eine Säurezahl von 10 gemessen wurde. Bei einer Wiederholung des Versuches unter Zusatz von metallischem Kupfer betrug die Säurezahl nach derselben Alterungszeit nur 0,3. Die Oxydation ist in einer ganz anderen Richtung verlaufen.

v. Philippovich: Wie war die Verseifungszahl?

Marder: Die Verseifungszahl ist nicht gemessen worden. Die Versuche wurden zu anderen Zwecken durchgeführt.

v. Philippovich: Die Säurezahl nimmt ab, weil Seifen entstehen, führt also irre.

Morgen: Es wäre doch einfacher, anzunehmen, daß das Kupfer den Sauerstoff überträgt und einen anderen Oxydationsmechanismus hervorruft. Man kann das also nicht gut als Beispiel für eine Spaltung oder Isomerisierung von KW nehmen!

Marder: Aber es sind Spaltreaktionen bekannt, an denen Sauerstoff gar nicht teilnimmt.

Tramm: Daß Polymerisationsreaktionen gerade im Beginn der Oxydation verlaufen, ist auf Grund unserer Versuche zu verneinen. Bei unseren Alterungsversuchen zeigte sich im Anfang der Alterung die erwähnte Induktionsperiode, während der keine Änderung der Viskosität des Öles eintritt; das würde gegen eine Polymerisation sprechen. Dagegen haben wir in sehr vielen Fällen beobachtet, daß gerade dann Peroxyde auftreten, die bei der Beendigung der Induktionsperiode verschwinden.

Zorn: Zu der Frage der Isomerisierung von Kohlenwasserstoffen auf rein thermischem Wege möchte ich sagen, daß, solange eine gesättigte paraffinische Kette vorliegt, ich nicht glaube, daß sich thermisch das Molekül unterhalb der Temperatur ändert, bei der überhaupt eine Spaltung stattfindet. Dagegen, wenn eine Doppelbindung im Molekül vorhanden ist, bin ich überzeugt, daß dieses Molekül sich unterhalb der Spalttemperatur ändert, denn Doppelbindungen wandern gar zu leicht. Der Einfluß des gelösten Sauerstoffes wird, solange wir mit natürlichen Kohlenwasserstoffgemischen arbeiten, außerordentlich verschieden sein (Naphthene, Paraffine).

Spengler: Hat man Versuche mit reinen Kohlenwasserstoffen, mit reinen Paraffinen durchgeführt? Es gibt so viele Überlagerungsreaktionen, daß es richtiger wäre, wenn man reine Paraffine usw. untersuchte.

1424

Morphen: Wir haben die verschiedensten Öle, synthetische und mineralische Flugmotorenöle, genommen, und wir haben bei allen Ölen praktisch die gleichen Sauerstoffbindungstypen bekommen.

Spengler: Man kann trotzdem nicht mit Sicherheit schließen, woraus sie entstanden sind.

Morphen: Der erste Schritt ist, zu sehen, was sich überhaupt für Sauerstoffbindungsformen bilden. An den Gruppen können wir dann sehen, auf welche Modellsubstanzen wir zurückgreifen können.

Karder: Es ist sicherlich zuzugeben, daß bei einer thermischen Oxydation unter Umständen Verlagerungen von Doppelbindungen stattfinden können, denn wie Dr. Zorn richtig sagte, ist die Verlagerung von Doppelbindungen besonders leicht. Aber eine Isomerisation in der Weise, daß aus sekundären Kohlenstoffatomen tertiäre Kohlenstoffatome werden, tritt bei einer solchen Oxydation nicht ohne weiteres ein.

Morphen: Ein System, das aus mehreren Doppelbindungen besteht, befindet sich im mesomeren Zustande. Es gibt da entsprechend dem jeweiligen Energieniveau alle möglichen Gleichgewichtszustände. In welchem momentanen Gleichgewichtszustand es gerade reagiert, ist eine andere Frage. Ein Grenzzustand ist bei effektiver Verlagerung gegeben. Aber wenn wir vorher irgendwo eine Doppelbindung nicht nachweisen können, wissen wir nicht ohne weiteres, ob sie nicht doch bei der Reaktion in Erscheinung treten wird.

Baader: Ich muß bestätigen, daß Katalysatoren den Alterungsvorgang qualitativ und quantitativ ändern können und zwar Kupfer weniger als Blei. Oft findet man, daß die Säurezahl gesunken und die Verseifungszahl (VZ) gestiegen ist, seltener sinken beide Werte. Dabei scheint es nicht auf die Art des verwendeten Bleies anzukommen. Mir ist eine Arbeit bekannt, wonach im Gegensatz zum Vortragenden (v. Philippovich) das Aluminium einen sehr starken Einfluß ausgeübt hat. Es dürfte sich jedoch da um verunreinigtes Aluminium gehandelt haben. Es ist unheimlich, wie die Reinheit der Metalle hier einget. Ich habe die größten Schwierigkeiten gehabt, ein geeignetes Kupfer für meinen Apparat zu finden, und seit längerer Zeit kann das Kupfer überhaupt nicht mehr hergestellt werden. Es muß heute mit dem alten Draht gearbeitet werden, der einem bestimmten Reinigungsverfahren unterworfen wird.

Diese Zusammenhänge zeigen ganz klar, daß man nicht generell von der Wirkung eines Metalles sprechen kann, sondern daß auch die Beschaffenheit des Metalles in Rechnung gestellt werden muß.

v. Philippovich: Sicherlich muß bei Verwendung von Katalysatoren die Oberfläche und Reinheit möglichst genau festgelegt werden. - Aluminium ohne Angabe der Reinheit erwies sich bisher als inaktiv.

Seemann: Kann durch Verwendung von verschiedenen Treibstoffen nicht mehr Klarheit gebracht werden? Ich denke z.B. an

den Einfluß von Alkohol und unsere Versuche mit Sauggas. Da hatten wir entgegen den sonstigen Befunden eine Neutralisationszahl von 0,8 bei einer Verseifungszahl von 5 und zum Teil noch höher gefunden. Es wäre denkbar, daß man so irgendwie die Alterungs-Reaktion klären könnte.

v. Philippovich: Man kann wohl von der Verwendung verschiedener Kraftstoffe interessante Ergebnisse erwarten, muß aber bedenken, daß man dabei nicht nur die Kraftstoffe, sondern auch Temperaturen usw. verändert, sodaß die Vorgänge vielleicht verschleiert werden. Genaue Kontrolle des Motors, wie z.B. durch Kolbentemperaturmessung ist dazu erforderlich.

Schick: Ich begrüße die Anregung von Seemann. Wenn man schon den Alterungsvorgang wissenschaftlich verfolgt, dann müßte man auch den Einfluß von Oxydationsprodukten vom Brennstoff auf den Alterungsvorgang verfolgen.

Wenn man sich die Mühe macht, eine Art Sauerstoffbilanz bei der Verbrennung mit irgendeiner der gasanalytischen Methoden aufzustellen, dann wird man meist feststellen, daß sie nicht stimmt. Das erklärt sich zum Teil dadurch, daß man als Endverbrennungsprodukt nicht immer Kohlensäure bekommt, sondern auch andere, nicht gasförmige Oxydationsprodukte übrig bleiben. Ich vermute, daß auch eine Reihe der sogenannten Abgasanalysen unter diesem Mangel leidet. In den Verbrennungsgasen können Sauerstoffverbindungen auftreten, die einen Einfluß auf den Alterungsvorgang haben.

v. Philippovich: Kraftstoffeinflüsse sollen heute nicht eingehender besprochen werden. Infolge der guten Gemischeinregulierung des Flugmotors kommt ein nennenswerter Betrag an O-Verbindungen im Auspuffgas nicht in Frage; der Verbrauch stiege ja dann schon unzuverlässig an.

Müller: v. Philippovich sagte zu seinem Vortrag, daß beim Flugmotor kaum eine Lackbildung auftritt. Ich möchte da auf das Gebiet des Dieselmotors hinweisen, wo wir eine starke Lackbildung haben und wo wir eigentlich sehr schön den Temperatureinfluß sehen können. Bei einer Temperatur von 180 bis 200° tritt am Kolbenmaterial eine Lackbildung auf. Bei Temperaturen unter 170° wurden nur schmierige, zähe Massen ermittelt. Die Laboratoriumsversuche haben sehr schön mit der Praxis übereingestimmt. Wir konnten die Kolbentemperaturen ungefähr feststellen und haben auch gesehen, daß bei dickeren Kolbenplatten die Lack-schicht nach oben wandert.

v. Philippovich: Für den Dieselmotor trifft dies natürlich zu, an den ich vorhin nicht dachte. Die Veränderung des Gesamtaufbaues des Öles bei der Crackung müßte durch Fraktionierung und Bestimmung des Molekulargewichtes verfolgt werden, um zu sehen, ob man nicht auch noch größere Moleküle erhält als ursprünglich vorgesehen waren.

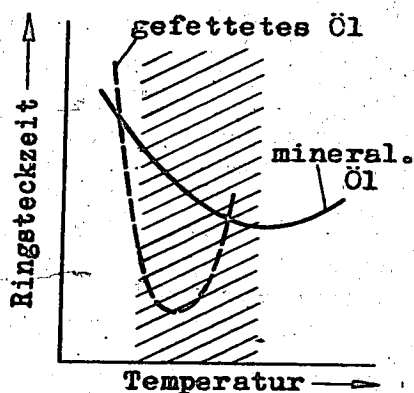
v. Philippovich (zum Vortrag Gießmann): Der Vortrag brachte eine große Menge sachlicher Unterlagen für Gebiete, auf denen bisher nur wenig bekannt war, z.B. die stärkere Verände-

runge des nur einmal aufgefüllten Öles als der öfters nachgefüllten Öle. War hierbei der Tankinhalt vergrößert worden? Und wurde die Verkokungszahl gemessen? Bei Nachfüllung kommen immer neue Inhibitoren ins Öl, die bei einmaliger Füllung verbraucht werden. Die leichte Verbrennlichkeit des gefetteten Öles wirkt sich beim Dieselmotor günstig aus und überdeckt die Oxydationsneigung, die sich beim Otto-Motor auswirkt. Die Schlammerfassung beim DB 600 E durch Auszentrifugieren weist eine Möglichkeit (Einbau eines Schleuderelementes), doch wäre die Zusammensetzung des Schlammes auch noch zu bestimmen, das wäre sogar sehr wichtig. Anwendung magnetischer Füllung wäre zu erwägen.

Gießmann: Es wurde immer dieselbe Ölmenge verwendet. Die Viskosität und die Verseifungszahl stiegen ohne Nachfüllung immer steiler an, während sie sich mit Ölnachfüllung einem Grenzwert näherten.

Glaser: Die Frage, weshalb gefettete Öle unter Umständen in Flugmotoren anders bewertet werden als bei Automotoren möchte ich folgendermaßen erklären:

Bei früheren Versuchen, bei denen die Ringsteckzeit in Abhängigkeit von der Temperatur untersucht wurde, konnten folgende Kurven gefunden werden (s. Abb.). Für ein gefettetes Öl hatten wir also eine wesentlich steilere Abhängigkeitskurve gefunden als für ein mineralisches Öl. Die Flugmotoren arbeiten anscheinend in dem schraffierten Gebiet. Hier sind also tatsächlich die gefetteten Öle wesentlich schlechter als etwa Rotring oder Grünring. Man sieht, daß das gefettete Öl im niedrigeren Temperaturgebiet viel steiler ansteigt, also auch längere Laufzeiten als das Mineralöl ergibt.



Im Dieselmotor dichten die Feuerringe besser ab und bringen eine bessere Wärmeableitung. Daher ist alles, was unterhalb der Feuerringe liegt, thermisch weniger beansprucht.

Folglich müßte ein gefettetes Öl auch längere Laufzeiten als ein mineralisches haben. Andererseits sind dort aber die Spiele sehr fein, sodaß Abrieb und Reibung eine größere Rolle spielen. Ein gefettetes Öl muß daher auch eine geringe Temperatur ergeben, weil die durch Reibung erzeugte Wärme wegen seiner besseren Schmierfähigkeit nicht so groß ist als bei mineralischen Ölen.

v. Philippovich: Livingstone und Gruse sind bisher die einzigen, die für die Laufzeit bis zum Ringstecken Maxima fanden, die sie allerdings auf eine andere Art der Ölkohle zurückführen. Sonst steht die DVL mit ihrem Befund bisher ziemlich allein.

Baader: Sind die Untersuchungen an dem im Motor gelaufenen Öl gemacht worden oder mit Frischöl?

Gießmann: Normalerweise war es Öl aus dem Motor; nur bei der letzten Kurve nicht.

0427

Baader: Das ist wesentlich für die Beurteilung der ganzen Sachlage. Asche und Dichte geben keinen Hinweis auf die Alterung, weil ihre Änderungen zu klein sind und bei der Asche auch mechanische Verunreinigungen erfaßt werden. Wichtig ist die Viskosität, die im allgemeinen zunimmt. Was die Einwirkung von Wasser auf die Schlammausfällung anbelangt, ist die Frage, ob es nur gelöste Alterungsprodukte ausfällt oder auch die Bildung der Alterungsprodukte beschleunigt.

Der Schlamm selbst müßte untersucht werden. Er besteht aus verhältnismäßig einfach voneinander zu trennenden Bestandteilen: Öl, Koks, Ruß, dann Ölalterungsprodukte, mechanische Verunreinigungen usw. (Metallseife u. Metallabrieb). Benzin wird mit Öl gelöst. Ölalterungsprodukte sind in der Regel mit Benzol, evtl. unter Anwendung von Chloroform abzutrennen. Mechanische Verunreinigungen bleiben übrig und können unter Umständen mikroskopisch geteilt werden. Koks und Ruß verursachen besonders große Schwierigkeiten.

Wir untersuchen zunächst den Schlamm, nachdem er vom Öl befreit ist, mikroskopisch. Dann untersuchen wir noch mit der Ultra Lichtpunktlampe von Heraeus. Den Rest versuchen wir durch Schwemmen in organischen Lösungsmitteln zu trennen. Beim Ruß haben wir es ja mit hochpolymeren Kohlenwasserstoffen zu tun, die sich vielleicht anders verhalten als Koks. Nachteilig ist nur, daß Koks und Ruß aneinander kleben und deshalb Schwierigkeiten ergeben.

Was die Kurven anbelangt, so glaube ich, daß das Bild nicht vollständig ist; denn in 90 Std. kann die Kurve ihren Endverlauf noch nicht zeigen.

Gießmann: Schon 100 Stunden des Musterprüfprogrammes haben erheblichen Kummer bereitet, sodaß längere Zeiten nicht in Frage kommen.

Krienke: Sind die Überholungszeiten und die Ölerneuerungszeiten zahlenmäßig festgelegt?

Gießmann: Die Vorschrift des RLM lautet, daß ein Ölwechsel grundsätzlich erst nach 100 Stunden vorzunehmen ist, falls nicht bei neuen Motoren das Öl früher versagt. Man kann sämtliche Öle verwenden, die heute grundsätzlich zugelassen sind.

Baader: Sie haben in Abhängigkeit von verschiedenen Treibstoffen die Rückstände gemessen.

Nun ist es möglich, daß die Kraftstoffe eine verschiedene Temperatur an jenen Stellen ergeben, an denen die Rückstandsmengen gemessen wurden, die also nicht durch den anderen Kraftstoff, sondern durch die andere Temperatur bedingt sein können.

Gießmann: Die Temperaturen wurden auch gemessen. Aber sie waren nicht so unterschiedlich.

Glaser: Gießmann hat auf dem letzten Bild zu zeigen versucht, daß die Fliegerbenzine sich besser verhalten als die Aromaten. Frühere Versuche in der DVL haben eine Gleichwertigkeit gezeigt: Reine, besonders von ungesättigten Kohlenwasserstoffen freie Aromaten ergaben die gleichen Laufzeiten wie das Fliegerbenzin A 2. Auf der Tabelle sind wohl ge-

gewichtsmäßig bestimmte Werte angegeben, bei denen der Bleigehalt eine Rolle spielt. Wenn man ihn ausschaltet, wird man sicher auf die gleichen Werte kommen.

Gießmann: Das Beispiel ist hauptsächlich auf den Bleigehalt zurückzuführen. Ich wollte damit ein extremes Beispiel nennen.

Lauer: Wie verhalten sich die Gesamtölmengen zum Schluß, wenn Sie mit Ergänzung fahren und wenn Sie die Ölmengen ohne Ergänzung ganz aufarbeiten?

Gießmann: Wir fahren auf etwa $\frac{1}{3}$ der ursprünglichen Menge herunter. Den Einfluß haben wir noch nicht festgestellt.

Penzig: Ich will noch einmal darauf zurückkommen, daß die Aromaten kürzere Laufzeiten ergeben sollen. Wir haben das aber bei unseren Versuchen nicht gefunden, obwohl es immer wieder behauptet wird. Wo sind die Unterlagen dazu?

Gießmann: Die einzigen Unterlagen, die ich habe, sind vom Einzylindermotor 132. Ich habe gesagt, daß die Unterschiede nicht groß sind, etwa eine halbe Stunde. Ich stimme Ihnen darin bei, daß wir in der Praxis keinen Fall kennen, in dem aromatische Kraftstoffe besonders große Schwierigkeiten ergeben hätten.

Noack: Wir haben Versuche mit aromatischen Kraftstoffen gemacht und hatten zunächst Mißerfolge und Kolbenringfestgehen. Wir haben dann die mittlere Brennraumtemperatur bei normalem Betrieb gegenüber aromatischen Kraftstoffen gemessen und festgestellt, daß bei gleichen Motorbedingungen eine Erhöhung der mittleren Brennraumtemperatur bei aromatischen Kraftstoffen vorhanden ist. Es gibt Motoren, bei denen eine verhältnismäßig geringfügige Erhöhung der mittleren Brennraumtemperatur bereits dazu führt, daß das Kolbenringstecken einsetzt. Andere Motoren vertragen diese Veränderung noch. Dadurch entsteht die Verschiedenheit der Auffassungen. Außerdem haben wir durch Veränderung der Motorbedingungen, bei gleicher Leistung die Betriebszustände so ausgewählt, daß die mittlere Brennraumtemperatur die gleiche war und haben dann im Vollmotor bewiesen, daß kein Kolbenringstecken mehr vorkam.

So gehen wir bei der Bewertung neuer Kraftstoffe von vornherein derart vor, daß wir von einem bekannten Kraftstoff ausgehen und versuchen, die richtigen Betriebsbedingungen dafür zu bekommen, insbesondere im Hinblick auf die mittlere Brennraumtemperatur.

v. Philippovich: Die mittlere Betriebstemperatur der Motoren ist von den Amerikanern auch weitgehend als Maßstab der Kraftstoffbewertung verwendet worden.

Aussprache nach dem Vortrag von H.Tramm.

v.Philippovich: Sinn der Tagung ist eine gewisse Einigung über die "zulässigen" Alterungsverfahren und die einzuhaltenden Bedingungen. Dabei wäre als Alterung nur die thermisch-oxydative Veränderung des Öles (Einwirkung von Katalysatoren inbegriffen) zu bezeichnen, die Veränderung des Öles im Motor dagegen nicht als Alterung, sondern eben als Veränderung aufzufassen, weil dabei Ruß, Betriebsstoff, Verbrennungswasser, Abrieb usw. zufällig mit hineinkommen; Alterung im Motor wäre wiederum nur die dabei auftretende thermisch-oxydative Veränderung. Übereinstimmung zwischen Motor- und Laborversuch wäre demnach dann zu erwarten, wenn auch im Motor vor allem eine Alterung, nicht aber eine komplexe Veränderung erfolgt. Zu einem gewissen Grade trifft dies zu für Indiana-Test und Air Ministry-Test und Ölverhalten im Dieselmotor. Bessere Erfassung des praktisch bedeutungsvollen "Asphaltes" nach Tramm erweckt ebenfalls gewisse Hoffnungen.

Baader: Man sollte als "Alterung" allgemein die Summe aller Vorgänge bezeichnen, so wie es auf anderen Gebieten üblich ist. Das andere ist Oxydation oder chemische Beständigkeit.

Seeles: Ich bin der Meinung, daß die Alterung so aufzufassen ist, wie sie Dr.v.Philippovich definiert hat. Kohlebildung, Staub oder Metallabrieb im Verbrennungsmotor sind nicht als Alterungsstoff zu bezeichnen.

Schick: Was will man in der Praxis erreichen, wenn man die Forderung stellt, daß das Öl nicht altern soll? Soll das Öl nicht korrodieren, thermisch beständig bleiben, keinen Ruß bzw. Koks oder kein Ringstecken geben?

Velde: Wir müssen uns darüber klar sein, was wir bei diesen Alterungsprüfungen aussagen wollen. Wollen wir die Veränderung des Öles im Motor in den Laboratoriumsversuchen nachahmen, beispielsweise die Veränderung der NZ, VZ, der Viskosität usw.? Oder wollen wir die Veränderungen, die durch diese Eigenschaften des Öles im Motor hervorgerufen werden, mit der Laborprüfung erfassen, also beispielsweise das Ringstecken? Das sind zwei Dinge, die meines Erachtens nichts miteinander zu tun haben.

v.Philippovich: Man sollte im Laboratorium nur eine Alterung zu erreichen versuchen, nicht aber ein komplexes Motorverhalten nachahmen, das stets nur für bestimmte Fälle zutrifft. Bei Kenntnis der Motorbedingungen könnte man dann zur Beurteilung der Öle die jeweils in Frage kommenden Punkte des Alterungsdiagrammes wählen.

Seeles: Man müßte dann feststellen können, welche Alterungsstoffe bei einer Alterung im Motor entstehen und wie man laboratoriumsmäßig diese selben chemischen Individuen erzeugen kann. Ich glaube aber, daß wir diesen Weg auf absehbare Zeit nicht beschreiten können.

v.Philippovich: Die Ölcharakteristik in der Weise, wie sie Dr.Morghen begonnen hat, dürfte rein chemisch Erfolg versprechen; bisher konnte nach 23 Stunden so laboratoriums-mäßig eine ähnliche Ölalterung erzielt werden, wie im Motor nach 11 Stunden.

Schick: Ich möchte vom Standpunkt derjenigen Kreise sprechen, die sich mit Normen, Lieferbedingungen usw. zu befassen haben. Ich glaube, auf allen Gebieten, wo ein chemischer oder physikalischer Vorgang nicht voll erfaßt werden kann, ist die einzige mögliche Richtung die eines Anwendungstestes. Ich mache einen Unterschied zwischen Eigenschafts- und Anwendungstesten. Im vorliegenden Falle kommt es im Augenblick weniger auf den Eigenschaftstest an, d.h. die Erforschung des Alterungsvorganges - obwohl auch dies von grosser Bedeutung ist - als auf den Anwendungstest, nämlich die Messung der Menge abgeschiedener fester Substanz.

v.Philippovich: Die Unterscheidung zwischen Anwendungstest und Eigenschaftstest ist sehr zweckmäßig, leider ist aber der beim Schmieröl einzig brauchbare Anwendungstest (Ringsteckzeit) im Motor nicht ohne weiteres auf andere Motoren übertragbar, sodaß man eine grundsätzliche Charakteristik erstreben muß, die auf die vielen Fälle der Praxis anwendbar ist.

Schick: Die Anwendung analytischer Verfahren kann irreführend sein, wie der Vortrag von Dr.Tramm betr. der Asphaltbestimmung zeigt. Einen absoluten Asphaltgehalt gibt es ja nicht, schon das Öl ist für das Maß des Anfalles an Asphalt von großem Einfluß.

v.Philippovich: Wenn wir einen komplexen Anwendungstest im Labor nehmen, müssen wir sämtliche praktischen Verhältnisse nachahmen, d.h. alle im Ölumlaufl herrschenden Temperaturen berücksichtigen, und dies wieder in dem zeitlichen und mengenmäßigen Verhältnis des Motors, sodaß man auch den Motor physikalisch und chemisch genau kennen muß, um richtige Bedingungen zu wählen.

Als Maß der Alterung kann man die Zeit nehmen, innerhalb derer eine bestimmte Menge Asphalt entsteht, die Temperatur, bei der eine bestimmte Menge innerhalb gegebener Zeit entsteht oder die Menge Asphalt, die bei bestimmten Zeiten und Temperaturen auftritt. Für das Kurbelgehäuse ist wohl die Zeit am brauchbarsten, für den Verbrennungsraum die Temperaturcharakteristik als Bewertungsmaßstab.

Müller: Zur Arbeit von Tramm wäre noch zu sagen: Der Wassergehalt des Kryoliths spielt eine Rolle, ebenso wie die Gesetze der Absorptionsanalyse. Diese Frage muß noch forschungsmäßig geklärt werden, wenn wir die Asphaltbestimmung zur Untersuchung heranziehen wollen.

Morghen: Zu der Bezeichnung "Alterung" möchte ich noch sagen: Wir wollen im Labor einen Anhaltspunkt für das motorische Verhalten bekommen, wir altern. Warum soll man die-

sen Begriff nicht aus dem Motor herauschälen und für sich betrachten? Beim Motor kommt noch einiges hinzu - was und wieviel wissen wir nicht genau. Wir wollen versuchen, es herauszubekommen. Wir müssen trachten, nach Möglichkeit bei der chemischen Charakteristik der Öle zu Werten zu kommen, die Absolutwerte sind. Man soll nicht bei rein empirischen Auffassungen stehen bleiben, sondern versuchen, etwas zu finden, was mehr aussagt.

Tramm: Bei der Alterung muß man unterscheiden zwischen der Induktionsperiode und der Periode der eigentlichen Alterung. Wir haben eine besondere Alterungsmethode entwickelt, wobei wir den ganzen Alterungsverlauf aufnehmen. Es kommt darauf an, ob im Motor solche Bedingungen sind, daß die Induktionsperiode einmal überschritten wird. Von zwei Ölen, die sich sonst ziemlich gleich verhalten, hatte das eine Öl eine etwas andere Alterungskurve, und es gelangt bei längerer Prüfdauer in den steil aufsteigenden Ast der Alterungskurve hinein. Wenn es nur ganz kurze Zeit in dem steil aufsteigenden Ast gewesen ist, wirkt es sich so aus, als wenn es 100 Stunden lang in dem langsam aufsteigenden Ast gewesen wäre und das kann ein entscheidend anderes Bild geben als bei der kurzen Versuchsdauer.

Schick: Ich glaube, es laufen drei Fragen in der Diskussion nebeneinander. Die eine Frage betrifft die Forschung. Ich könnte mir vorstellen, daß man eine irgendwie gewählte Asphalt- und Harzbestimmung als vollkommen charakteristisches Maß für das feststellt, was an störenden Ausscheidungen im Motor stattfindet. Insofern ist die Forschung nach dieser Seite sehr berechtigt.

Die zweite Frage betrifft den Anwendungstest. Hierbei ist noch die Frage zu klären, welche Abscheidungen störend sind und wie man sie erfassen kann.

Nun die dritte Frage. Wie finde ich einen Weg, um im Laboratorium die Bedingungen zu schaffen, damit die im Laboratorium gemessenen Vorgänge dem praktischen Motorvorgang angepaßt werden?

Ich glaube, wenn man diese drei Fragen im Auge behält, wird man in der Diskussion bei der Entwicklung der Methoden auch zu einem Resultat kommen.

Ich möchte noch auf den grundsätzlichen Unterschied hinweisen, daß beim Laborverfahren das gesamte Öl einer relativ hohen Beanspruchung unterworfen wird, während im Motor nur ein Teil des Öles sich an der Front befindet und der größte Teil des Öles in der Etappe der Wanne. Ich sehe darin durchaus eine Erklärung für die vorhingemachte Bemerkung, daß man im allgemeinen ein Öl, das künstlich gealtert ist, nicht mehr regenerieren kann; denn ein Teil dieser Vorgänge - wenn nicht der grundlegende - ist kolloidchemisch und es kommt auf den Lösungszustand der durch die Alterung sich allmählich abscheidenden Anteile an.

Morgen: Wenn man das thermisch-oxydative Verhalten genauer erfaßt, so wird man auch ungefähr sagen können, unter welchen Bedingungen das Öl im Motor beansprucht wurde. So einfach ist es allerdings nicht, weil im Motor das Öl verschiedenen Temperaturen unterworfen ist.

Aussprache nach dem Vortrag Glaser, Lauer.

v.Philippovich: Um zu dem Ringstecken eine Laboratoriumsprüfung in Beziehung zu setzen, müssen wir wissen, ob es überhaupt ein einheitlicher Vorgang ist.

Glaser: Die Feststellung von Herrn Lauer, daß beim Einspritzbetrieb die Temperaturabhängigkeit viel flacher verläuft als beim Vergaserbetrieb läßt sich vielleicht folgendermaßen erklären: Bei der I.G. liegt die Richttemperatur im Scheitel des Zylinderkopfes. Selbstverständlich gibt diese Meßstelle umso besser die Temperatur, die im Motor herrscht, wieder, je mehr irgendwelche Temperaturänderungen in dem Scheitel liegen. Beim Einspritzen wird der Kolben ganz anders als bei Vergaserbetrieb gekühlt, da der Kraftstoffnebel auf den Kolben spritzt. Dies wird dadurch bewiesen, daß Herr Lauer beim Vergaserbetrieb mit höherem Kraftstoffverbrauch tatsächlich auch eine flachere Abhängigkeit gefunden hat. Dieser Einfluß wird wohl mit der Kolbentemperaturmessung besser erfaßt werden können.

Die Feststellung von Herrn Lauer, daß das Kolbenspiel keinen Einfluß hat, bezieht sich sicherlich nur auf die zulässigen Grenzen. Frühere Versuche der DVL, bei denen das Kolbenspiel auf einen Mittelwert von etwa 1,2mm gebracht wurde, zeigten nämlich eine beträchtliche Laufzeitenkürzung, weil nicht mehr genügend Wärme an die Zylinderwand abgegeben wird.

Lauer: Ist das Kolbentemperaturmeßgerät beim BMW 132 betriebs-sicher?

Glaser: Beim kleinen Motor ist es absolut betriebssicher. Es wurden Laufzeiten - natürlich mit Unterbrechungen - von 40 bis 60 Stunden erreicht. In dem BMW 132 habe ich die neue Ausführung mit der eingelegten Schiene bisher nur kurz ausprobiert. Ich hoffe aber, auch hier nunmehr Betriebszeiten von mindestens 20 Stunden zu erreichen.

v.Philippovich: Weil der Motorzustand die Ergebnisse stark beeinflusst, muß man ihn entweder durch Verwendung eines Bezugsöles ausschalten oder durch bessere Überwachung konstant halten, wie es Dipl.-Ing.Glaser zeigte.

Glaser: Bei Versuchen am NSU-Motor hat sich bisher mit ein und demselben Kolben eine gute Reproduzierbarkeit gezeigt. Trotz verschiedener Zylinderwandtemperaturen unterschieden

sich die Laufzeiten bei gleichen Kolbentemperaturen nur um etwa 12 Minuten.

Schaub: Das würde bedeuten, daß wir auf diese Weise einen Fortschritt erzielen? Ich frage deshalb, weil wir auch schon solche Kolbentemperaturmessungen an einem kleineren Triumph-Motor vorgenommen haben. Wir hatten Kolbenfressen untersucht und haben dabei festgestellt, daß man sich auch auf diese Messungen nicht 100%ig verlassen kann. Wir haben den Eindruck, daß eine solche Vorrichtung für die Temperaturmessung des Kolbens auch als Ölprüfeinrichtung, also zur Schmierfähigkeitsprüfung benutzt werden kann, und zwar ist die Meßhöhe im wesentlichen davon abhängig, wie stark die Abnutzung der Kontakte ist. Wir haben das auch an Modellen festgestellt, die wir außerhalb der Maschine beobachtet haben.

Glaser: Deshalb komme ich heute erst mit dieser Sache, obwohl ich schon vor 1 1/2 Jahren damit begonnen habe. Auch wir hatten anfangs diese Schwierigkeiten. Störende Thermokräfte mußten beseitigt werden und außerdem fiel der Anpreßdruck der Feder sehr schnell ab, sodaß sogar ein Instrument, das 1/100 mV noch anzeigte, nicht mehr ausreichte, um den Strom Null genau einzustellen.

Ende der Diskussion am 1.Tag der Tagung.



D i s k u s s i o n .

(2.Tag)

Aussprache nach den Vorträgen von Halder, Schaub, Wenzel.

Wenzel: Ich möchte ein Diagramm aufzeichnen, das den Zusammenhang zwischen dem Kolbenringverkleben und der Betriebstemperatur m.E. recht anschaulich darstellt (Abb.1). Das Kolbenringverkleben ist doch praktisch nichts anderes als die Folgeerscheinung eines gestörten Gleichgewichtszustandes zwischen Rückstandsbildung und Rückstands-beseitigung. Wenn ich auf der Abszissenachse die Betriebstemperaturen und auf der Ordinatenachse die gebildeten Rückstandsmengen auftrage, so erhalte ich ungefähr die Kurve a. Die Rückstands-beseitigung erfolgt einmal durch Spülung und dann durch Abbrand. Die Rückstands-beseitigung durch Spülung hätte vielleicht den Verlauf des Linienzuges b. Trage ich auf diese Kurve additiv die Rückstands-beseitigung durch Abbrand auf, so erhalte ich etwa die Kurve c. Zwischen den Kurven a und c liegt dann das Gebiet, in dem Kolbenringverkleben durch Rückstandsbildung bei einer bestimmten Betriebstemperatur zu erwarten ist.

Ich habe die beiden Kurven gestrichelt gezeichnet, weil es noch kein Öl gibt, das sich an diese Darstellung hält.

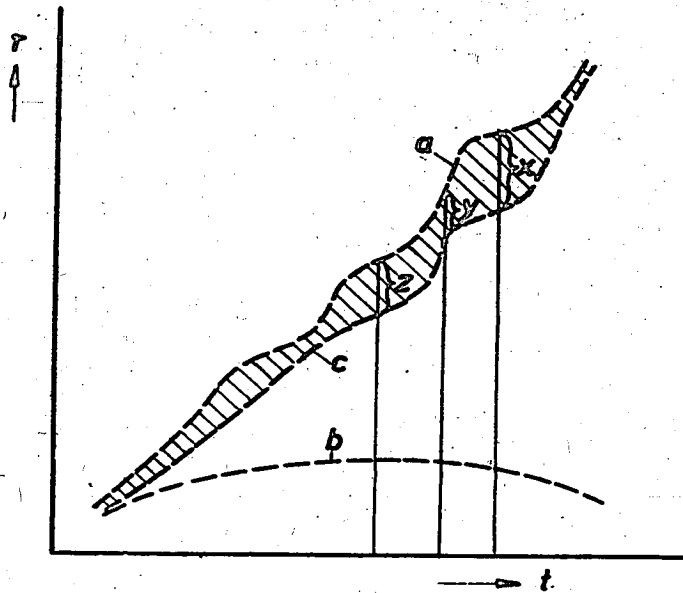


Abb.1: Rückstandsmenge in Abhängigkeit von der Betriebstemperatur.

Wir haben für die Rückstandsbildung einige Werte gefunden, die ich einzeichnen möchte. Für die Rückstands-beseitigung haben wir noch keine Werte erhalten; ich nehme an, daß sie ungefähr entsprechend liegen werden. Wenn ich bei einer bestimmten Betriebstemperatur eine senkrechte Linie ziehe, habe ich einmal die Rückstandsmenge x und bei einer anderen Betriebstemperatur, die niedriger ist, habe ich diese Rückstandsmenge y oder z . Das erklärt nach meiner Auffassung, warum ich bei niedriger Temperatur oft zu schnellerem Kolbenringverkleben komme als bei höherer Temperatur. Ich glaube das auch beweisen zu können durch die Kurven, die uns Herr Glaser zeigte, die besonders beim BMW-Motor sehr steil verlaufen. Ich habe sie zwar nicht so steil, aber in der Tendenz genau so gefunden.

Für Forschungszwecke ist der Motor weniger geeignet. Er ist hauptsächlich geeignet, eine laufende Produktion zu überwachen.

Inzwischen sind weit über 100 Versuche durchgeführt worden; der Motor hat sich dabei recht gut bewährt.

v. Philippovich (zum Vortrag Lauer): Die Unterschiede in den Ergebnissen der einzelnen Prüfläufe (mit gleichen Kolben und Zylindern waren sie übrigens nicht so groß) könnten vielleicht doch mit der Windrichtung zusammenhängen, wenn die gezeigte "Windrose" auch nicht sehr klar ist; bei Berücksichtigung der übrigen Wetterverhältnisse erscheint aber dieser Zusammenhang interessant, besonders was die chemische Zusammensetzung der Luft anbelangt. Was die Einzylinderprüfung betrifft, ist es notwendig, dafür zu sorgen, daß nicht viel Arbeit in einen Motor gesteckt wird, der später nicht mehr gebaut wird.

Glaser (zum Vortrag Wenzel): Wir haben früher festgestellt, daß der Einfluß des Bleies auf das Ringstecken nicht so groß ist, wie es Herr Wenzel beobachtet hat. Da der Zweitakter mit Gemisch arbeitet, enthält das Öl unter Umständen in den Schmierflächen noch etwas Blei, sodaß es sich hier viel stärker auswirkt als beim Viertakter.

Gießmann: Ich glaube, es ist gut, wenn wir uns überlegen, warum wir zum BMW 132 A-Motor gekommen sind. Für die Wahl des 132 A-Zylinders sprach, daß dieser besonders empfindlich ist, und daß wir mit diesem Motor die Temperaturabhängigkeit am Schmieröl besonders gut messen können. Ich glaube, daß die Tendenz, beim Prüfmotor auf den flüssigkeitsgekühlten Motor überzugehen, absolut richtig ist, und daß das auch die Ansicht der Luftwaffenstellen sein wird. Deshalb ist es begrüßenswert, daß gerade bei einem Motor, der für serienmäßige Lieferungen in Frage kommt wie der I.G.-Motor, dieses Verfahren weiter ausgebaut wird und man würde dann auch die Möglichkeit haben, von dem Einzylinderverfahren wegzukommen. Ich möchte allerdings noch darauf hinweisen, daß die mechanischen Mängel, die beim I.G.-Prüfmotor bestehen, beseitigt werden müssen, vielleicht indem man den Motor verstärkt.

Krienke: Eine gute Reproduzierbarkeit bei Schmierölprüfungen durch Ringsteckläufe ist nur dann zu erwarten, wenn von Lauf zu Lauf die Menge des an die Kolbenringpartien gelangenden Schmieröles und die an dem Kolben vorbei ins Kurbelgehäuse gelangenden Gasmengen gleich groß sind. Hierfür kommen als Meßgrößen der mittlere Ölverbrauch und die mittlere Gasdurchtrittsmenge in Frage.

Bei Versuchen, welche die Abhängigkeit dieser Größen von den Eigenschaften verschiedenster Schmieröle klären sollten, ergaben jedoch die Kontrollläufe mit dem Bezugsöl, daß auch bei Verwendung ein und desselben Öles gleiche Verhältnisse von Lauf zu Lauf nicht zu erreichen sind. Wie die Abb. 1 und 2 zeigen, - jeder dritte oder vierte Lauf wurde mit dem Bezugsöl durchgeführt - ist der Ölverbrauch in erster Linie eine Funktion des Motorzustandes und zwar nimmt er mit laufender Abnutzung zu.

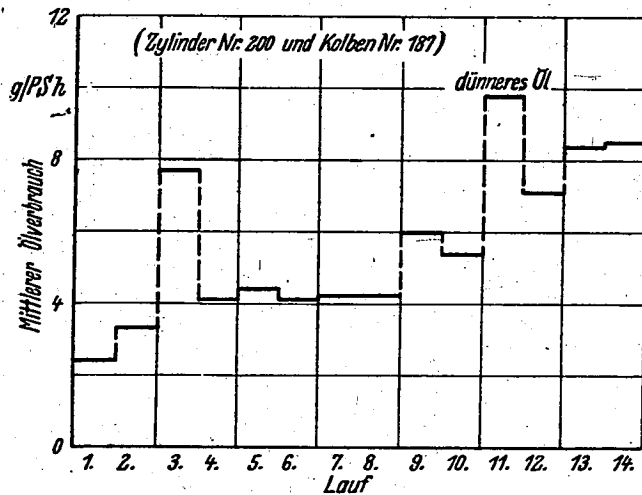


Abb. 1: Ölverbrauchsmessungen

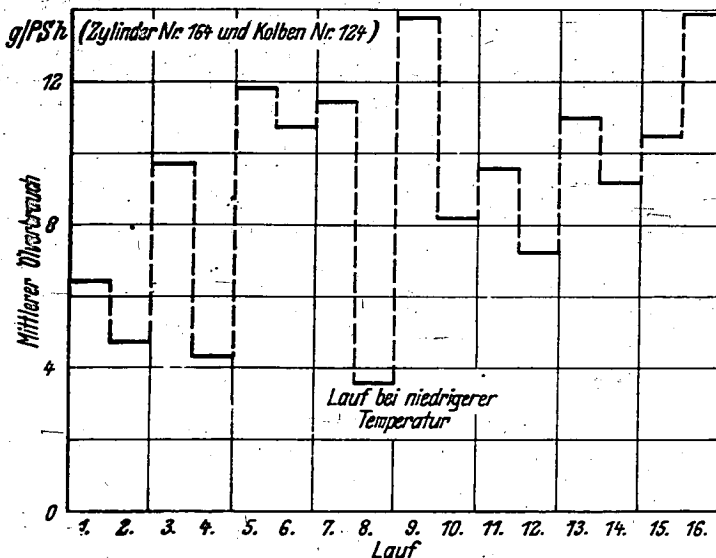


Abb. 2: Ölverbrauchsmessungen

Die gleichen Erkenntnisse brachten die Ergebnisse von Durchblasmessungen, die in den Abb.3 und 4 dargestellt sind.

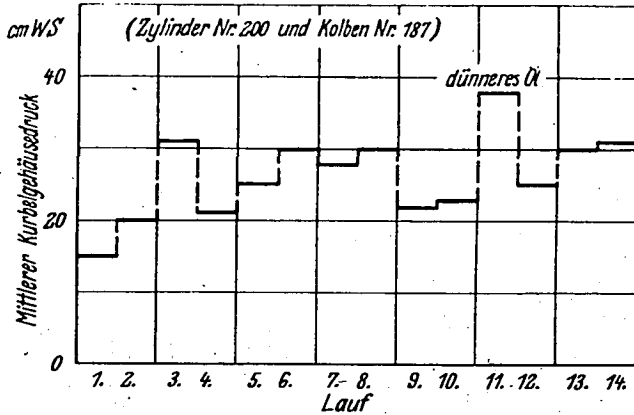


Abb.3: Durchblasmessungen

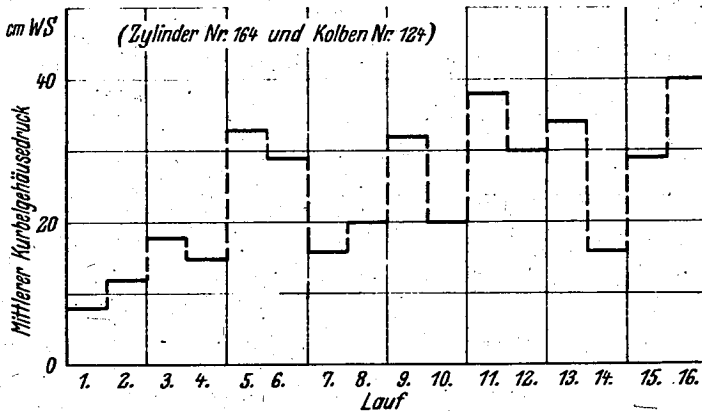


Abb.4: Durchblasmessungen

Wohl bemerkt, es handelt sich hier um Prüfläufe, welche bis auf die vermerkten Ausnahmen unter vollkommen gleichen Motorbedingungen (Betriebstemperaturen, Öldruck, Einbauspielen usw.) durchgeführt werden und um Schmieröle von annähernd gleicher Viskosität.

Zur Frage der Entwicklung von neuen kleinen Ölprüfmotoren möchte ich bemerken, daß deren Betrieb auch ein Fortschritt auf dem Gebiet der motorischen Ölprüfung bedeuten muß, wenn die allgemeine Einführung gerechtfertigt sein soll. Zur historischen Entwicklung wäre festzustellen, daß die von Dr. Goßlau bei Siemens und später von Dr. Wenzel bei der DVL 1934/35 mit dem kleinen Siemens-Ölprüfmotor erzielten Ergebnisse immer noch nicht überholt sind und deren Übereinstimmung mit den an einem großen Flugmotoreinzylinder gefundenen Ergebnissen später ebenfalls bewiesen worden ist. So muß ich leider feststellen, daß in den vergangenen 7 Jahren keine im Betrieb billigeren Ölprüfmotoren mit besser reproduzierbaren oder wesentlicheren Ergebnissen entwickelt worden sind, obwohl diese dringend benötigt werden.

11438

v. Philippovich: Der Grund für den Übergang vom Siemens-Motor auf den NSU war seinerzeit die Undeutlichkeit des Ringsteckens (manchmal fiel die Leistung nur wegen Ölein-dickung am Kolbenhemd) und größere konstruktive Ähnlichkeit, für den Übergang auf den DKW die Hoffnung, infolge der Ben-zin-Öllösung zu guten Ergebnissen zu kommen. Vielleicht ist mit einem Ölbrenner Benzin-Ölgemisch so verbrennbar, daß man auf Grund dieser Ergebnisse laboratoriumsmäßig Aussagen über die Eignung von Ölen machen kann.

Tramm (zum Vortrag Halder): Tritt der das Versuchsende kenn-zeichnende langsame Leistungsabfall nur beim synthetischen Öl und bei Rotring auf und bei gefetteten Mineralölen nicht oder ist er unabhängig vom Öl?

Halder: Ich habe festgestellt, daß er bei Rotring öfters auf-getreten ist als bei Aero Shell.

Tramm: Eine Bemerkung zu dem Vortrag Lauer, und zwar zu der Windrose: Die Luft enthält einen bestimmten Gehalt an Verun-reinigungen, der aber in verschiedenen Windrichtungen durch die spezielle Lage des Werkbetriebes verändert wird. Sind Versuche gemacht worden, diese Stoffe kontinuierlich zu-zusetzen?

Lauer: Wir wollen längere Zeit Luftanalysen durchführen. Das ist natürlich eine umfangreiche Arbeit, aber man könnte auf diese Windrose Rücksicht nehmen.

Tramm (zum Vortrag Schaub): Herr Schaub hat ausgeführt, daß von der Alterung kein Schluß auf die Laufzeit hätte gezogen werden können. Das ist so zu verstehen: Erstens war s.Zt. die neue Asphaltbestimmungsmethode noch nicht entwickelt; zweitens handelt es sich um die Untersuchungen von im Motor gebrauchten Ölen, welche keine Beziehung zu den Laufzeiten ergaben. Im übrigen verweise ich auf meine Ausführungen.

Wenzel: Die Wahl des DKW-Motors zur Prüfung von Schmierölen ergab sich aus der zu Beginn des Krieges vorliegenden Notwen-digkeit, möglichst rasch und billig Öle zu untersuchen.

v. Philippovich: Es stehen jetzt drei, mit dem Siemensmotor vier kleine Prüfmotoren für die Ölprüfung zur Diskussion. Um uns auf eine einzige Richtung zu einigen, sollten nach etwa 1/2 Jahr die Ergebnisse der Motoren durch Vergleichsver-suche miteinander verglichen und ausgewertet werden; dann wird man sehen, ob man sich auf einen der drei Motoren wird einigen können. Die Ersatzteilbeschaffung spielt dabei eine große Rolle.

Buske: Ich war gestern leider nicht hier und weiß nicht, ob das, was ich sagen will, schon behandelt worden ist. Was ich bei den Öluntersuchungen, vor allem an den großen Flugmotoren, vermißt habe, ist die Gleichhaltung der Ausgangsbedingungen. Z.B. wird bei dem luftgekühlten BMW-Motor die Laufbahn in-folge der unterschiedlichen Temperaturen von Ein- und Aus-las im Betrieb oval. Wenn man nun Kolbenringe verwendet, die

dem Rechnung tragen, so sind selbstverständlich die Gasdurchtrittsmengen jedesmal verschieden. Wir sind darauf gekommen, daß wir reproduzierbare Versuche nur dann erhalten, wenn wir Kolbenringe bekannter Spannungsform verwenden und diese Kolbenringe außerdem noch im Kolben selbst festlegen. Außerdem muß dafür gesorgt werden, daß der Ringstoß auf der belasteten Seite des Kolbens zu liegen kommt, da an dieser Stelle der Kolben selbst schon eine gewisse Abdichtung übernimmt und kleine Unterschiede im Stoßspiel damit überdeckt werden.

v. Philippovich: Treten gegenüber der Praxis durch solche die Gleichmäßigkeit erhöhende Maßnahmen keine Änderungen der Bewertungsreihenfolge ein, so wären sie durchaus zu begrüßen. Dieser Beweis müßte aber erbracht werden.

Glaser: Ich möchte im Anschluß an die Ausführungen des Herrn Buske folgendes sagen. Der ganze Zweck meines Vortrages ging dahin: Ich wollte durch die Kolbentemperaturmessung während des Laufes untersuchen, inwieweit irgendwie verschiedene Ringspiele und die verschiedensten anderen Dinge, die von außen nicht beobachtet werden können, die Kolbentemperatur beeinflussen. Ich glaube, daß es dringend notwendig ist, diese Sache weiter zu verfolgen, damit wir dann vielleicht unabhängig vom Motor die Temperatur angeben können, bei der das Öl beansprucht worden ist. Dabei ist es vielleicht gleichgültig, ob wir einen wasser- oder luftgekühlten Motor verwenden; wichtig ist nur, daß wir die Kolbentemperatur und selbstverständlich auch die übrigen Temperaturen, die auf den Kolben Einfluß haben, möglichst konstant halten.

Halder: (Zur Festlegung der Ringe). Ich glaube, daß man sich dadurch, daß man erhöhte Zylindertemperaturen verwendet, bereits von der Praxis weiter entfernt hat als dadurch, daß man die Ringe festlegt; denn durch das Festlegen der Ringe kann ich unter Umständen eine bessere Reproduzierbarkeit bekommen als Herr Glaser angedeutet hat.

Glaser: Die Reproduzierbarkeit wird schlechter, denn bei festgelegtem Ring kann nur noch das Atmen desselben beobachtet werden, während das Wandern ausgeschaltet wird.

v. Philippovich: Bei nicht festgelegten Ringen können sich die Eigenschaften stärker auswirken.

Lauer: (Zur Zweitakterschmierung). Ich bin auch der Ansicht, daß man die Dosierung der Schmiermittelmenge beim Zweitakter günstiger vornehmen kann als beim Viertakter. Nun sind aber die Spülvorgänge im Zweitakter sehr stark von der Drehzahl abhängig. Es kann also auch bei gleichem Gemischverhältnis eine Veränderung der Ölmenge eintreten, und wir hätten hier eine Möglichkeit, daß Streuungen auftreten. Andererseits sehe ich einen Weg darin, beim Viertakter die Ölmenge zu dosieren, in dem man zu einer getrennten Schmierung übergeht. Ich möchte fragen, ob bei irgendwelchen Stellen diesbezügliche Messungen über die Abhängigkeit der Laufzeit von der

1440

Schmierölmenge, d.h. von der Menge, die an den Kolben kommt, durchgeführt worden sind.

Wenzel: Wir haben das Mischungsverhältnis im Kraftstoff verändert, wir sind von dem üblichen Mischungsverhältnis 20:1 auf 10:1 heruntergegangen. Die Laufzeiten gingen dabei, glaube ich, um 50% zurück.

Leuer: Ist dabei das Kraftstoff-Luftverhältnis gleich geblieben?

Wenzel: ja.

Reichel: Es ist schon des öfteren über Ölverbrauch, Zylinderabnutzung und deren Beziehungen zum Ringstecken gesprochen worden. Wir haben versucht, die Ölverbrauchsschwankungen in engen Grenzen zu halten und glauben, zu einem gewissen Erfolg gekommen zu sein, seitdem die Meßmethode für den Ölumlauf im mittleren Teil des BMW-Motors angewendet wird. Wir haben die Ölumlaufrate auf 200 kg/h festgesetzt und haben einen Ölverbrauch von ungefähr 6 g/PS.h bekommen, wobei die Viskosität auch eine Rolle spielen dürfte. Ich kann an Hand von Abbildungen zeigen, daß die Zylinder ganz verschieden abnutzen.

Die Rückstands-bildung gleicher Öle kann man in Beziehung zur erhaltenen Laufzeit bringen. Wir messen die Rückstände auf dem Kolbenboden, im Verbrennungsraum, in den Kolbenringnuten und am Schaft des Kolbens. Die Rückstands-bildung in den Kolbenringnuten ist bei diesen Ölen fast die gleiche. Die Gesamtmenge - bezogen auf die Betriebsdauer - wobei die Betriebsdauer meist länger ist als die gewertete Laufzeit - steht bei diesen Ölen in einer ganz annehmbaren Beziehung zur Laufzeit. Man muß berücksichtigen, daß infolge der verschiedenen Struktur des Öles sich weichere oder härtere Ölkohle bilden kann.

Kübler: Bei gefetteten Ölen ist der Leistungsabfall viel deutlicher als bei reinen Mineralölen, bei denen er langsamer vonstatten geht.

Wir haben in Zusammenarbeit mit Reclin bei einem Gesamtumlauf von 1500 kg pro Stunde im Kurbelgehäuse eine Ölmenge von 500 kg - also $\frac{1}{3}$ - bei einem Druck von rund 4 Atmosphären gemessen.

Wir haben aber nur eine Beziehung vom Conradson-Test und Ramsbottomtest zu den Laufzeiten gefunden, wenn man Öle gleicher Provenienz vergleicht.

Lange: Wie untersucht die DVL das Kolbenringwandern und führt dies zu einer Temperaturspitze, wenn der Stoß des Kolbenringes an der jeweiligen Meßstelle vorbeiwandert?

Glaser: Ich habe eine größere Zahl von Versuchen durchgeführt, bei denen das Kolbenringwandern am laufenden Motor beobachtet wurde. Wir haben den Zylinder an der Stelle, an der der oberste Kolbenring den unteren Totpunkt erreicht, durchgebohrt, sodaß ein kleines Fenster entstand, und haben

ein Glas davor angebracht. Dann wurde das Fenster immer nur in dem Augenblick, in dem der obere Kolbenring den unteren Totpunkt erreichte, angeleuchtet. Der Kolbenring trug irgendwelche Merkmale (Punkte oder Zahlen), sodaß wir auf diese Weise das Kolbenringwandern sehr gut beobachten konnten. Es hat sich gezeigt, daß die Unrunde des Zylinders das Kolbenringwandern sehr ungleichmäßig macht. Außerdem ist das Kolbenringwandern abhängig von der Füllung und andererseits auch von der Drehzahl. Bei etwa 1500 U/min stand der oberste Ring still, während die anderen Ringe wanderten; bei mehr als 1500 U/min hatte der oberste Ring eine Drehung in dem einen Sinne und bei einer Drehzahl von weniger als 1500 U/min hatte der oberste Ring eine Drehung in entgegengesetztem Sinne. Man kann beinahe sagen, daß die Geschwindigkeit des Kolbenringwanderns eine sinusförmige Abhängigkeit von der Drehzahl hat, denn bei hoher Drehzahl - etwa bei 1800 - wurde sie wieder langsamer. Man kann daraus schließen, daß die Wandergeschwindigkeit wahrscheinlich mit irgendwelchen Eigenschwingungen des Ringes zusammenhängt. Wir haben das weiterhin auch bei unserem Ringstecklauf am Gasdurchtritt beobachten können. Die Gasstöße treten besonders am Anfang des Laufes ganz periodisch auf und zwar sind die Abstände zwischen den einzelnen Stößen zeitlich völlig gleich.

Bartel: Zur katalytischen Einwirkung des Abriebs auf die Alterung erwähne ich das amerikanische Ferritexverfahren. Es ist so, daß die Oberfläche des Zylinders meist aus Ferrit und Perlit besteht. Nun löst der Amerikaner Forster die Ferritkörner heraus, sodaß der übrigbleibende Teil nur noch aus Perlit besteht. Dadurch steigt die Dauerfestigkeit des Ölfilms um ungefähr 50%.

Aussprache nach dem Vortrag Schaub.

v. Philippovich: Bei den Versuchen von Schaub ist die verschiedene Abnutzung interessant, die vielleicht durch das Auflösen des Öles durch den Kraftstoff verursacht wird.

Schaub: Daran haben wir auch gedacht, es könnten aber auch noch andere Momente sein, wie z.B. das verschiedene Siedeverhalten der Kraftstoffe.

v. Philippovich: Es ist der gleiche Weg eingeschlagen worden, den Herr Gießmann erwähnt hat: ein Element in den Motor einzubauen und den Schlamm auszuscheiden. Ich glaube, daß das eine grundsätzlich wichtige Möglichkeit ist, überhaupt zu einer Zahl zu kommen. Man kann auch daran denken, eine Zentrifuge außerhalb zu nehmen. Aber einer von diesen Wegen wird notwendig sein, wenn wir Zahlen bekommen wollen. Herr Reichel hat wohl auch Ergebnisse in dieser Richtung.

Reichel: Wir machen schon lange Schlammversuche im Zusammenhang mit den BMW-Ringsteckversuchen und zwar in der Weise, daß wir aus dem alten Öl hinterher den Schlamm auszentrifu-

gieren, wie es Ricardo vor vielen Jahren gemacht hat. Ricardo hat aber keine Trommelzentrifuge genommen, sondern eine den Verhältnissen der Kurbelwelle angepaßte Zentrifuge. Dieser Gedanke hat uns veranlaßt, beim BMW-Motor die Zentrifuge in die Kurbelwelle hineinzuverlegen, wie es Herr Schaub ebenfalls gemacht hat. Wir haben bisher in der Hauptsache immer gefettete Öle untersucht, und die gefettete Komponente hat die Eigenschaft, den Schlamm in Lösung zu halten. Wir bekamen also sehr große Laufzeiten ohne Störung. Mit halbsynthetischen Ölen 50:50 trat dagegen eine stärkere Schlammabildung, sowie auch ein viel größeres Ausschleudern auf. Wenn wir sehr viel Schlamm im Öl finden, muß die Kurbelwelle auseinander genommen werden, da sich dann der Schlamm nicht mehr darin ablagert. Die auszentrifugierte Schlammmenge (es wurden 6 kg Restöl 24 Stunden lang zentrifugiert) je Laufstunde betrug für gefettete Öle stets 0,25 g, für synthetische Öle lag dieser Wert höher. Wenn man Rückschlüsse auf das Ringstecken ziehen wollte, dann müßte man die absoluten Schlamm-mengen erfassen können. Gefettete und mit Zusätzen versehene Öle halten den Schlamm beständig in Lösung, sodaß er nicht auszentrifugiert wird. Andere, besonders mineralische Öle können dagegen so leicht entschlammt werden.

v. Philippovich: Bei Ringsteckversuchen ist die Frage, ob man das Ergebnis nicht durch die Schlammabscheidung (zwecks Messung des Schlammes) beeinträchtigt. Dabei faßt man als Schlamm wohl am besten nur das Abgeschiedene auf und nennt suspendierte Teilchen im Gegensatz dazu potentiellen Schlamm. Einen absoluten, mit Lösungsmitteln gewaschenen Schlamm gibt es nicht, weil er ja ein kolloides System darstellt, das durch diese Behandlung zerstört wird.

Schaub: Wir haben bei unseren Versuchen das Nöpfchen drin gehabt, aber es hat sich praktisch nicht ausgewirkt. Jedenfalls haben wir keine Verlängerung der Laufzeiten bekommen. Auch zwischen den ausgeschleuderten Mengen und den Laufzeiten beim Ringstecken hat man eine Beziehung gefunden.

v. Philippovich (zum Vortrage von Krienke u. Adam): Der Befund von Herrn Adam ist erschütternd, denn er führt eigentlich dazu, daß man die Prüfmotoren überhaupt aufgibt. Das ist nun trotzdem nicht zulässig, weil die Versuchskosten Vollmotorenversuche bei allen Entwicklungs- und Prüfstellen verhindern. Vollmotor und Einzylindermotor müssen möglichst unter vergleichbaren Bedingungen betrieben werden, um die Öle richtig zu bewerten: das ist aber sehr schwer erreichbar, selbst wenn man die Belastungen jenen des Vollmotors anpaßt. Nun sind aber die Vollmotoren in ihren Ansprüchen selbst untereinander verschieden, weil jeder Motor besondere Eigenschaften hat. Der von Herrn Krienke erwähnte Vorschlag von Nutt scheint sehr beachtlich, die einzelnen Bauteile in ihrem Verhalten zu bewerten und zusammen mit der chemischen Beurteilung des Öles ein Urteil zu fällen; da in dieser Bewertung jeder Motorenbauteil nach seiner Wichtigkeit für die Ölbeurteilung eingesetzt wird, ergibt sie zugleich ein Bild über die kritischen Stellen des Motors und

den Hinweis, welche Öleigenschaft am meisten gewünscht wird. Eine zweite Möglichkeit wäre die Beurteilung der Öle nach der Zahl der festen Ringe innerhalb einer bestimmten Zeit bei einem Musterprüflauf, eine dritte die Messung der Schlammmenge.

Gießmann: Mir erscheint das Verhältnis des Einzylinder - motors zum Mehrzylinder nicht so schlecht übereinzustimmen. Denn sowohl Ringstecken wie Rückstandsbildung ist bei den Ölen praktisch kein Problem mehr, die mittels des BMW 132-Einzylinder-Prüfverfahrens entwickelt wurden. Für die Schlammbildungsneigung müßte man allerdings möglichst in Verbindung mit der Ringsteckprüfung noch ein besonderes Verfahren entwickeln.

Adam: Die Schlammengen wurden immer im kritischen Teil des jeweiligen Motors (z.B. beim Jumo in der Kurbelwelle) gemessen festgestellt, sodaß verschiedene Motor-Typen nicht ohne weiteres verglichen werden können.

Gießmann: Es wird immer wieder Rückstandsbildung und Schlamm-bildung durcheinandergeworfen. Das sind zwei ganz verschiedene Dinge. Rückstand braucht mit Schlamm-bildung nichts zu tun zu haben.

Lorenz: Ich möchte ganz allgemein sagen, daß durch die Vorträge und Diskussion allgemein ein scharfer Schnitt geht, und zwar zwischen Forschung und Erprobung. Für die Forschung ist zweifellos das Ergebnis nicht besonders erfreulich. Ich glaube, das liegt daran, daß die Forschung noch etwas stärker in Erscheinung treten muß und daß die positivsten Arbeiten augenblicklich die Leute leisten, die an der Verbesserung der Analysenmethoden arbeiten.

v. Philippovich: Es wird ein Hauptbestreben sein müssen, in den Verfahren zur Erfassung der Alterung des Öles zu gewissen absoluten Werten zu kommen und von den empirischen Werten abzugehen.

Mosting: Weder der Schlamm noch das Ringstecken, sondern die Schaumbildung in Flugzeugen ist zur Zeit die größte Sorge.

Schaub: Hinsichtlich der verschiedenen Kleinmotoren finde ich die Lage gar nicht so betrüblich, wie sie nach Darstellung der verschiedenen Analysenmethoden usw. ausgesehen hat. Bei den Untersuchungen in Kleinmotoren kann doch zum mindesten eine verhältnismäßig gute Übereinstimmung der Bewertung herbeigeführt werden. Die Bewertung der verschiedenen Motoren hinsichtlich des Ringsteckens scheint ja verhältnismäßig einheitlich. Man kann feststellen: Wenn das Öl beim Kleinmotor zum Ringstecken neigt, dann neigt es auch im Großmotor dazu.

v. Philippovich: Man kann die Lage wohl als katastrophal bezeichnen, wenn teure und zeitraubende Versuche nach dem Ringsteckverfahren zur Praxis keine rechte Beziehung haben. Deshalb müssen die Prüfläufe möglichst bald auf ergänzende Messungen ausgedehnt werden.

5444

Gießmann: Nach den Werten von Livingstone und Cruse bewertet sich der Ölgehalt in derselben Größenordnung wie bei uns: zwischen 50 und 70%. Es ist also relativ viel Öl darin. Das ist das, was der Praktiker als festen oder weichen Schlamm bezeichnet.

Schlammuntersuchungen von BOM zeigten übereinstimmend hohen Eisengehalt; der Hauptantrieb stammt also vom Zylinder und nicht vom Lager. Allerdings ist auch Blei darin, sowie die üblichen Alterungsprodukte. Ich habe auch darauf hingewiesen, daß dasselbe Öl Schlammengen von 1:5 ergeben kann, je nachdem wieviel Öl im Schlamm enthalten ist. Woher das kommt, ist unklar.

Baader: Wir sind früher auf allen diesen Gebieten erst dann vorwärts gekommen, als wir während des Laufes die Änderung im Öl verfolgt hatten, denn die Zustände, die wir am Ende der Laufzeit haben, sind nicht eindeutig, sondern sie resultieren aus vielerlei Erscheinungen. Meines Erachtens können nur Mikrountersuchungen wesentlich weiter führen.

Tramm: Wir haben Mikromethoden für Verseifungszahl, Neutralisationszahl, Aschegehalt, Viskositätsindex usw. mit regelmäßigen Probeentnahmen während der Laufzeit schon früher angewendet.

Baader: Ich bin gern bereit, Versuche mit mir zuzusendenden Proben durchzuführen.

Krienke: Wie wir gehört haben, ist die Hauptschwierigkeit augenblicklich in mangelnder Schmierfähigkeit beim Start zu suchen. Ist unter ungenügender Schmierfähigkeit in diesem Falle ein übermäßiger Verschleiß zu verstehen?

Adam: Bei den neuesten Motoren konnte man feststellen, daß der Motor startet und bevor einwandfreie Schmierung einsetzte, die Lager schon verschlissen waren. Es gibt neue Motortypen, die noch nicht einsatzfähig sind, weil sie über diesen Punkt nicht hinwegkommen.

Krienke: Ist es nicht eine konstruktive Schwäche des Motors, die man dem Öl in die Schuhe schiebt?

Adam: Selbstverständlich ist es eine konstruktive Schwäche des Motors. Es bestehen aber wahrscheinlich Möglichkeiten, daß man diese durch andere Schmierstoffe beheben kann, welche Zusätze enthalten oder eine andere Viskositätslage besitzen.

Krienke: Diese hätten aber vielleicht Nachteile, welche sich nur wiederum beim Dauerbetrieb auswirken würden.

Adam: Es liegt die Aufgabe vor, ein Öl zu schaffen, welches die Schwierigkeiten beim Start und beim Dauerbetrieb überwindet.

Krienke: Es wäre zweckmäßig, wenn vom RLM eine Punktwertung für die verlangten Öleigenschaften herausgegeben würde; Ein Öl müßte insgesamt 100 Punkte haben. Davon wären z. B. bei der augenblicklichen Lage der Ringsteckneigung etwa

33 Punkte zuzuteilen, der Schlammabildung 20 Punkte, der mangelhaften Schmierfähigkeit beim Start 35 Punkte usw. Diese Bewertung könnte ruhig von Jahr zu Jahr geändert werden, dann hätte man eine Vorstellung von den jeweils bestehenden Schwierigkeiten.

Adam: Die Startschwierigkeiten sind erst allerneuesten Datums, und man kann noch nicht sagen, wie man sie einordnen soll. Ich sehe es so, daß die Aufgaben von der Mineralölindustrie zu lösen sind.

v. Philippovich: Sind schmierfähigkeitssteigernde Zusätze versucht worden?

Mosting: Sie haben auch nichts gebracht, weil in diesen Fällen Öl mangel vorliegt. Das Öl sucht sich den bequemsten Weg im Motor und geht nicht in die Kurbelwelle. Die Pumpen sind bei den modernen Motoren an der Grenze ihrer Leistungsfähigkeit.

Borchard: Wir haben beim Motor 222 außerordentlich große Schwierigkeiten beim Lager. Nach Versuchen eines von Junkers zur Verfügung gestellten Öles mit einem Zusatz haben die Lager gehalten. Das RLM wollte aber nicht, daß ein besonderes Öl in die Beschaffung hineinkam. Das ist auch ein Punkt, den man nicht vergessen darf.

v. Philippovich: Man sollte den Öldruck für den Moment des Starts irgendwie steigern.

Mosting: Dies geschieht bereits, indem man Öl vorher hineinpreßt und damit die Kanäle vollfüllt. Soweit sind wir heute schon.

Müller: Wenn wir jetzt mit der Leistungssteigerung der Motoren noch weiter gehen und das Kaltstartproblem beibehalten, tritt folgender Zustand ein: Die Ausdampfung hat noch nicht stattgefunden und das Öl ist bereits so erwärmt worden, daß eine Zähigkeit unter 2°E , nämlich 1,7 bis $1,8^{\circ}\text{E}$ erreicht wird. Dann tritt unweigerlich ein Fressen des Lagers ein, obwohl nachweislich noch genug Öl da ist. Ich möchte allen denen, die auf diesem Gebiete arbeiten, doch noch die Bitte vortragen, sich mit diesem Problem zu befassen.

Gießmann: Ich muß sagen, daß die Schwierigkeiten, die in diesem Junkers-Motor auftreten, doch ziemlich vereinzelt dastehen. Wir haben das Kaltstartverfahren bei jedem Motor mit Erfolg anwenden können. Ich glaube, es handelt sich da um Dinge, die vielleicht konstruktiv beherrschbar sind.

Um die Schwierigkeiten, die durch das sogenannte Kaltstartverfahren entstehen, d.h. die Methode, dem Schmierstoff Benzin zuzusetzen, zu beseitigen, soll dieses Verfahren durch entsprechend bessere Winteröle ersetzt werden. Daran wird seit Jahren gearbeitet. Ich glaube, wir kommen dann soweit, daß wir den Benzinzusatz verringern können, daß wir z.B. bei -20°C mit Öl ohne Benzinzusatz fahren können und bei -40°C nur noch den halben Benzinzusatz brauchen.

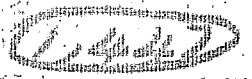
Zusammenfassung.

Von Dr.v.Philippovich, DVL.

1. Grundsätzliches: Unter Alterung von Ölen versteht man einerseits die wesenseigene Veränderung des Öles unter dem Einfluß von Sauerstoff und Temperatur (gegebenenfalls in Anwesenheit von Katalysatoren), wie sie im Laboratorium vorgenommen wird, andererseits aber auch die komplexe Veränderung des Öles, wie sie im Gebrauch in Maschinen eintritt. Die Veränderung beim Gebrauch umfaßt nun sowohl die wesenseigene Veränderung des Öles (wobei auch Verbrennungsprodukte des Kraftstoffes chemisch miteinander wirken können) als auch die Verschmutzung durch mehr oder weniger zufällige Bestandteile, wie Restbenzin, Wasser, Bleioxyd, Abrieb, Staub, Ölkohle usw. Die unterschiedslose Gleichsetzung von Alterung im Sinn der wesenseigenen Veränderung und im Sinne der komplexen Veränderung des Öles im Gebrauch hat viel Verwirrung angerichtet, sodaß es zweckmäßig erscheint, zwischen beiden Vorgängen streng zu unterscheiden. Deshalb wird vorgeschlagen, die Begriffe in Zukunft in folgendem Sinne anzuwenden:

- a) Alterung als die wesenseigene Veränderung der Öles (vor allem thermisch oxydativer Art), gleichgültig, ob sie im Laboratorium oder im Motor erfolgt.
- b) Veränderung des Öles im Gebrauch als Summe der wesenseigenen Veränderung (Alterung) und der wesensfremden Veränderung (Verschmutzung).

Bei genauer Kenntnis der motorischen Vorgänge sollte theoretisch eine Vorhersage des Verhaltens von Schmierölen auf Grund von Laboratoriumsversuchen möglich sein. Wie gezeigt, müßte aber eine solche Laboratoriumsprüfung eine große Zahl von Einzeluntersuchungen umfassen, deren praktische Bedeutung für den Motor dann wieder sowohl im einzelnen, wie auch im Zusammenhang mit den anderen Prüfergebnissen des chemisch-physikalischen Verhaltens für jeden Einzelfall bekannt sein müßte. Eine solche Untersuchung muß den prak-



tisch interessierenden Vorgang der Alterung einerseits nach rein wissenschaftlichen Verfahren erforschen, andererseits ihn auf möglichst einfache Weise laboratoriumsmäßig nachahmen. Alle diese Untersuchungen laufend vorzunehmen, ist unmöglich - sogar für einen einzelnen Fall erscheint dies schwierig - sodaß man laboratoriumsmäßig vor allem jene Einflüsse wird untersuchen müssen, die sich am allerstärksten auswirken. Dies erfordert 1) eine gründliche Analyse der motorischen Schmierölveränderung und der dabei herrschenden Bedingungen, 2) die Auswahl geeigneter Prüfverfahren, 3) die Kenntnis der für den motorischen Einzelfall in den Prüfdiagrammen maßgebenden Punkte, um eine richtige Beurteilung vornehmen zu können.

2. Motorische Ölveränderung: Der wesentlichste Vorgang im Motor ist die Alterung des Öles, d.h. die wesenseigene Veränderung vor allem unter dem Einfluß von Sauerstoff und/oder Temperatur. Dazu kommen noch eine Reihe von anderen Einflüssen, die für den motorischen Vorgang eine so große Bedeutung erlangen können, daß sie die nach der rein thermisch-oxydativen Alterung vorgenommene Einreihung der Öle ändern, z.T. sogar umkehren können. Bei Flugmotoren hat der Vorgang der Alterung wegen der verhältnismäßig kurzen Betriebszeit des Öles wohl weniger praktische Bedeutung für die Gesamtumlaufmenge des Öles als bei Automobilen. Bei der Veränderung des Öles im Verbrennungsraum, in den Kolbenringnuten und an der Unterseite des Kolbens wirkt neben der Alterung in verschiedenen hohem Maße eine Reihe anderer Einflüsse mit, sodaß bisher keine einwandfreie Beziehung zwischen Laboratoriumsalterung und Laufzeiten bis zum Ringstecken gefunden wurde. Außer der Asphalt- und Rückstandsbildung spielen wohl die Abhängigkeit der Asphaltlöslichkeit von der Temperatur, sowie die Flüchtigkeit, das Suspensionsvermögen usw. eine wesentliche Rolle. Dabei ist zu berücksichtigen, daß Asphalt kein wissenschaftlicher, sondern ein rein konventioneller Begriff ist. Für die Veränderung des Öles im Umlauf sind alle Temperaturen von Einfluß, die hier auftreten; sie können also bis zur Temperatur der Kolbeninnenseite ansteigen. Für das Ringstecken

sind hingegen die Temperaturen der Kolbenaußenseite (besonders der Ringnuten) maßgebend, während für die Kinetischebildung im Verbrennungsraum die Temperaturen der abgrenzenden Bauteile in Frage kommen.

3. Wahl geeigneter Laboratoriums-Prüfverfahren: Eine Universallösung für sämtliche Zwecke gibt es nicht. Zur Prüfung der Alterungsneigung kann man entweder die Menge verschiedener Oxydationsprodukte wählen, die bei einer Temperatur innerhalb bestimmter Zeit entstehen, die Zeit, innerhalb derer bei einer Temperatur eine bestimmte Menge von Oxydationsprodukten auftritt oder - seltener - die Temperatur, bei der sich innerhalb einer gegebenen Zeit bestimmte Mengen von Oxydationsprodukten bilden. Für Alterungsprüfungen empfiehlt es sich vor allem, die zeitliche Abhängigkeit zu untersuchen, für Untersuchungen des Ringsteckens dagegen die Abhängigkeit von der Temperatur. Die übermäßige Abkürzung der Versuchszeit durch übersteigerte Bedingungen (Temperatur oder Sauerstoffkonzentration) ist bedenklich. Reproduzierbarkeit ist wie immer die erste Voraussetzung der Eignung eines Prüfverfahrens, sie wird bestimmt durch einfache Verhältnisse und Beherrschung des gesamten Alterungsvorganges. Die Verwendung von praktisch in Frage kommenden Katalysatoren ist zulässig, sofern sie nach ihren Eigenschaften genügend genau festgelegt werden können. Der Einfluß der Mengenverhältnisse, des Verteilungsgrades des Öles, sowie der Art der Ölzugabe ist bisher wenig bekannt, obwohl er vielleicht eine Rolle spielt.

Zur Beurteilung erscheinen derzeit zwei verschiedene Verfahren der Alterung aussichtsreich: Luftdurchleiten durch das Öl (Indiana, Air Ministry) für die Prüfung der Alterung im Kurbelgehäuse, Schalenoxydation bei verschiedenen Temperaturen für die Ringsteckneigung (DVL, Wright).

Die Vorschrift für die Asphaltbestimmung nach BVM hat sich nach Versuchen der Ruhr-Chemie als unzuverlässig erwiesen und muß deshalb baldigst abgeändert werden.

4449

4. Zahl des Brennpunktes im Prüfdiagramm: Um eine Charakteristik der Öle für verschiedene Verwendungszwecke geben zu können, muß man Diagramme über die Temperatur und die Zeit aufnehmen. Die Zuordnung des Prüfwertes zu dem praktischen Einzelfall ist dann so vorzunehmen, daß man jene Temperatur oder Betriebszeit des Motors zu Grunde legt, die für den betreffenden Fall in Frage kommt. Dabei ist Voraussetzung, daß diese Motortemperaturen bekannt sind.

5. Motorische Prüfung: Der Vollmotor bzw. der Flugversuch bleiben nach wie vor die entscheidende Instanz für die Beurteilung der Öle. Zur Vereinfachung muß man aber Einzylinder-Motoren wählen, die entweder einen Zylinder des Flugmotors verwenden oder sich bezüglich des zu untersuchenden Vorganges dem Flugmotor ähnlich verhalten. Zahlenmäßige Beziehung zwischen Vollmotor und Einzylindermotor muß angestrebt werden; dazu muß aber zuerst einmal die zahlenmäßige Bewertung des Vollmotors für die Öle vorliegen, sei es, daß sie die Schlammmenge oder die Zahl der festen Ringe unter bestimmten Bedingungen angibt oder ein summarisches Maß verwendet, wie es z.B. Nutt erwähnt; Unterlagen in dieser Richtung sind dringendst nötig, da sie ja das Maß der Arbeit bestimmen, die in die Öluntersuchung gesteckt wird. Versuche mit einer größeren Zahl von kleineren Motoren dürften eine gewisse Aussicht auf Erfolg bieten. Die Anwendung der Überladung erscheint solange unnötig, als nicht Übereinstimmung bei den Versuchen ohne Überladung erreicht wird. Alle Motorversuche sollten die Charakteristik über die Temperatur erstreben. Da die Betriebsbedingungen größeren Einfluß haben können als die Bauart der Motoren, müssen sie sorgfältig ausgewählt werden! Automatisierung der Bedienung erscheint für Beschleunigung der Arbeit sehr notwendig. Die Neigung der Öle zur Verschlammung, sowie der Verschleiß der Kolbenringe (als Maß der Schmierreignung) sollten bei den Einzylinderläufen miterfaßt werden. Dazu erscheint der Einbau eines schlammabscheidenden Elementes in den Motor oder die einheitliche Verwendung einer Zenitrufige zweckmäßig.

Zur passgenauen Überwachung der Betriebsbedingungen ist die laufende Messung der Kolbentemperaturen und der in den Teilkreisläufen umlaufenden Ölmengen anzustreben.

Die Untersuchungsergebnisse der I.G., Ruhrochemie und Intava mit kleinen Motoren sollen innerhalb von 6 Monaten miteinander und mit den Ergebnissen des 132-Motors verglichen und auf ihre Zuverlässigkeit geprüft werden, um eine Entscheidung über die allgemeine Verwendung eines dieser Motoren zur Ölprüfung fällen zu können.

6. Grenzwertlegung: Da die motorische Charakteristik der Öle über Brauchbarkeit oder Unbrauchbarkeit entscheidet, muß sie auf Grund eines überprüfbaren Grenzwertes erfolgen, gleichgültig, ob es sich um die Schlammbildung oder das Ringstecken handelt. Dieser Grenzwert müßte nach genügender Bewährung dann auch in den Lieferbedingungen erscheinen. Zahlenmäßige Ergebnisse von Firmen in der angedeuteten Richtung sollten dem RLM über die DVL (BS) zugeschickt werden.