

Versuche über Kolbenringstecken im NSU-Motor.

Von Dr.-Ing. Fr.Schaub, Ruhrbenzin A.-G.

Für die Entwicklung der synthetischen Flugöle der RCH befassen wir uns auch mit deren motorischer Prüfung. Es wurde dabei versucht, das Verhalten der Öle in Bezug auf Ringstecken, Alterung, Verschleiß und Ölverbrauch so gut wie möglich zu erfassen.

Der Versuchsmotor:

Als Versuchsmotor wählten wir einen luftgekühlten Einzylinder-Viertakt- und zwar den NSU 501 OSI-Motor, der ein Hubvolumen von etwa 0,5 Ltr. hat. Der gleiche Motor wird von uns zur Überladeprüfung von Flugkraftstoffen verwendet, worüber ich im vorigen Jahr hier berichten konnte. Durch die Verwendung des gleichen Motors für Überlade- und Ölprüfung vereinfacht sich die Ersatzteilbeschaffung und Lagerhaltung. Außerdem lagen bereits Erfahrungen der DVL über das Ringstecken in diesem Motor vor. Wir nahmen seinerzeit auch deshalb den luftgekühlten NSU-Motor, weil wir annahmen, daß hierbei eine Übereinstimmung mit den Ergebnissen des vom RLM eingeführten luftgekühlten BMW 132-Motors leichter herbeigeführt werden könnte als bei einem wassergekühlten Kleinmotor. Dies bestätigt sich allerdings nicht, wie die in der Zwischenzeit bekannt gewordenen Versuche der Intava mit einem wassergekühlten Zweitakt-Motor gezeigt haben. Mit diesem Motor ist es offenbar sehr gut möglich, die Werte des BMW-Motors zu erhalten. Die Verwendung eines Kleinmotors war für uns von besonderer Wichtigkeit, weil es bei der Prüfung von Entwicklungsproben oft darauf ankommt, mit einer kleinen Probemenge auszukommen.

Das Versuchsverfahren:

Die bei uns angewendete Prüfung auf Ringstecken ist die gleiche, wie die von der DVL im EMW-Motor oder auch die von der Intava im DKW-Motor angewendete. Der Motor läuft un-

ter gleichbleibenden Betriebsbedingungen, die so gewählt sind, daß nach verhältnismäßig kurzer Laufzeit die Kolbenringe festgehen. Danach wird der Lauf abgebrochen. Das Ringstecken wird an der vom Zylinder am Kolben entlang ins Kurbelgehäuse entweichenden Durchblasmenge beobachtet.

Es wurde von uns angestrebt, die Öle nach einer über der Zündkerzenringtemperatur aufgetragenen Laufzeitkurve zu bewerten, wie sie von Glaser, DVL, in dem Berichtsheft 109 der Lilienthalgesellschaft angegeben worden ist. Zuerst mußten wir aber eine ausreichende Betriebssicherheit des Versuchsmotors für den Prüfstandsbetrieb herbeiführen. Sodann ergaben sich beachtliche Schwierigkeiten, reproduzierbare Laufzeiten und erst recht Laufzeitkurven zu erzielen. Die Versuche zeigten, daß, um die Laufzeiten des NSU-Motors in den Bereich der BMW-Prüfläufe zu bringen, sehr hohe Temperaturen, nämlich Zündkerzensitztemperaturen zwischen 350 und 400°C gewählt werden mußten. Weiterhin ergab sich eine sehr starke Abhängigkeit der Zeiten bis zum Ringstecken von der Temperatur.

Temperaturmessung.

Die erste Voraussetzung für reproduzierbare Laufzeiten sind also genaue Temperaturmessungen. Als Bezugstemperatur verwenden wir, wie auch andere Prüfstellen, die Zündkerzensitztemperatur. Man muß sich dabei allerdings darüber im klaren sein, daß diese kein absolutes Maß für den Temperaturzustand des Motors und insbesondere des Kolbens zu sein braucht. So kann zum Beispiel die Laufzeit bei gleicher Kerzensitztemperatur sehr verschieden sein, je nachdem in welcher Weise der Motor von der Kühlluft angeströmt wird. Einen wie großen Einfluß die Art der Kühlluftführung auf die Laufzeit ausübt, wenn man diese auf die Kerzensitztemperatur bezieht, ist daraus zu ersehen, daß bei freiem Anblasen des ganzen Motors trotz einer um 20° höheren Zündkerzensitztemperatur die Laufzeit mit 12 Stunden doppelt so lang ist, wie bei ausschließlicher Anblasen des Kopfes. Gleichzeitig ist allerdings auch die Öltemperatur (gemessen am Motoreintritt) und der Ölverbrauch niedriger. Nachdem wir eine Zeitlang den Kühlluftstrom mittels

1802

eng anliegender Leitbleche gleichmäßig dem Zylinderkopf und dem Zylinder zugeführt haben, lassen wir jetzt nur den Zylinderkopf anblasen. Dadurch wird bewirkt, daß bei hohen Zylindertemperaturen die Zylinderkopftemperatur verhältnismäßig niedrig bleibt. Wir brauchen so eine Kerzensitztemperatur von 365° , um mit Rotring D eine Laufzeit von etwa 8 Stunden zu erzielen. Bei höherer Kerzensitztemperatur werden Schäden am Zylinderkopf häufig, weil dann die Festigkeit des Leichtmetalles anscheinend stark nachläßt.

Bewertungsfehler bei Verwendung der Zündkerzensitztemperatur als Bezugsgröße für die Laufzeit können auch dadurch entstehen, daß bei den hohen Temperaturen das Zündkerzengewinde allmählich ausgeweitet wird und die Verbrennungsgase aus dem Zylinderraum in verschieden hohem Maße in die Gewindegänge eindringen können, was bei gleichen sonstigen Motortemperaturen eine erhöhte Kerzensitztemperatur bewirkt. Eine zusätzliche Überwachung des Temperaturzustandes erscheint also erforderlich. Wir verwenden dazu ein Thermoelement im Scheitel des Zylinderkopfes und ein weiteres am Zylinder unterhalb der Verrippung.

Als grundsätzlicher Mangel erscheint es, daß die für das Ringstecken entscheidende Kolbentemperatur nicht direkt gemessen werden kann. Neuerdings ist zwar, z.B. von der DVL, die direkte Kolbentemperaturmessung auf eine verhältnismäßig einfache und auch anscheinend zuverlässige Weise ermöglicht worden, und es ist von großem Interesse, ob dies eine Verringerung der Streugrenzen bringen wird. Wir haben auch schon Kolbentemperaturen an einem schnelllaufenden Kleinmotor, in welchem Öle auf die Neigung zum Kolbenfressen geprüft werden, direkt gemessen. Beim NSU-Motor sind wir aber bis jetzt leider noch nicht dazugekommen.

Um die Streuungen der Laufzeiten so klein wie möglich zu halten, müssen neben der Temperatur auch die übrigen Betriebsbedingungen, wie Drehzahl, Belastung, Ölverbrauch, Kolbenringspiel und Kraftstoff weitgehend überwacht werden.

Drehzahl, Belastung, Kolbenringspiel:

Ursprünglich führten wir die Versuche bei 3000 U/min und einem mittleren effektiven Druck von $7,3 \text{ kg/cm}^2$ durch. Wir sind dann von 3000 auf 2000 U/min und später von $7,3$ auf $6,4 \text{ kg/cm}^2$ herabgegangen. Durch die herabgesetzte Beanspruchung wurde die Betriebssicherheit und die Gleichmäßigkeit der Versuche erhöht.

Am 1. Kolbenring stellen wir jetzt ein achsiales Spiel von $0,1 \text{ mm}$, am 2. und am Ölabstreifring von $0,075 \text{ mm}$ ein. Dies wird durch Abziehen der etwas stärker gelieferten Ringe erreicht. Durch diese Änderungen der Betriebsbedingungen sind die Laufzeiten bei gleicher Temperatur etwas verlängert worden.

Der Ölverbrauch:

Der Ölverbrauch ist einer der unangenehmsten Faktoren bei der Ölprüfung, weil er nur in weiten Grenzen beherrscht werden kann. Eine Abhängigkeit der Laufzeit vom Ölverbrauch war im NSU-Motor nur sehr schwer festzustellen. Eine Reihe von Versuchen mit Rotring D, die in Abb. 1 wiedergegeben sind, scheinen aber zu zeigen, daß hoher Ölverbrauch und damit erhöhte Ölzufuhr zur Kolbenringpartie zu einer Verkürzung der Laufzeiten führt. Dies widerspricht allerdings den von Glaser DVL früher gemachten Erfahrungen, wonach mit steigender Öltemperatur und steigendem Öldruck - was ja steigenden Ölverbrauch bewirken müßte - die Laufzeit länger wurde.

Kraftstoff:

Der Einfluß verschiedener Kraftstoffe war nicht so groß, daß er eindeutig nachgewiesen werden konnte. Ein Teil der Versuche wurde mit verbleitem, ein anderer mit unverbleitem Kraftstoff durchgeführt.

Versuchsergebnisse:

Wegen der ursprünglich großen Schwierigkeiten, gut reproduzierbare Werte zu erzielen, konnten wir nur von verhält-

nismäßig wenig Ölen eine vollständige Laufzeit-Temperaturkurve festlegen. In Abb.2 sind etwa 40 Meßwerte für Rotring D mit dem sich aus ihnen ergebenden Streuband wiedergegeben. Die Laufzeiten fallen danach mit steigender Temperatur stark ab, sodaß bei etwa 370° im Mittel noch $3\frac{1}{2}$ Stunden erreicht werden. Bei noch höheren Temperaturen verläuft die Kurve flacher. Ein parabelartiger Verlauf der Laufzeitkurve mit einem ausgeprägten Wiederanstieg bei hohen Temperaturen, wie er von Glaser(DVL) für verschiedene Öle angegeben wurde, ist hier offenbar nicht gegeben, wenngleich dies beim Herausgreifen bestimmter einzelner Versuche angedeutet erscheinen könnte. Der Vollständigkeit halber ist noch zu erwähnen, daß der größte Teil der über 370° gefahrenen Versuche mit etwas niedrigem mittleren effektiven Druck gefahren wurde. Diese Werte sind durch Punkte gekennzeichnet. Die Laufzeiten sind durch diese Maßnahme offenbar nicht wesentlich verändert worden.

In Abb.3 wurde neben der aus dem Streuband der Abbildung 2 entnommenen mittleren Kurve für Rotring D noch eine für das synthetische Versuchsöl K 1880/5 der ROH aufgetragen. Die Laufzeiten dieses Öles sind eindeutig länger als die von Rotring. Bei der E'stelle Reclin lief dieses Öl im BMW 132-Motor 11 bis 12 Stunden lang, ohne daß danach die Ringe fest waren.

Um zu einem erträglichen Zeit- und Kostenaufwand bei der Ölprüfung zu kommen, verzichteten wir seit einiger Zeit auf die Festlegung einer ganzen Laufzeitkurve und prüfen nur bei der Temperatur, bei welcher entsprechend dem BMW Motor für Rotring D eine Laufzeit von etwa 8 Stunden erzielt wird. Unter den sonst festgelegten Versuchsbedingungen beträgt dabei die Zündkerzensitztemperatur etwa 365°C . Zur Festlegung dieses Wertes und zur Beobachtung der Reproduzierbarkeit haben wir eine Reihe von Versuchen mit Rotring D durchgeführt, die in Abb.4 wiedergegeben sind. Sodann prüften wir einige Öle, die uns von der Intava und der Rhenania-Ossag zur Verfügung gestellt worden sind und deren Laufzeiten im BMW-

Motor uns angegeben werden konnten. Die mit diesen Ölen bis jetzt erzielten einzelnen Laufzeiten sind ebenfalls in Abb.4 dargestellt. Die Messungen wurden an zwei verschiedenen Motoren durchgeführt. Der Streubereich am einzelnen Motor ist vielleicht nicht so gering wie beim BMW- oder beim DKW-Motor der Intava. Die Mittelwerte der beiden Motoren stimmen dagegen recht gut überein. Es ist demnach eine Bewertung der Öle, besonders wenn man 2 bis 3 Läufe durchführt, möglich. Die Übereinstimmung der Bewertung mit dem BMW-Motor kann unter Berücksichtigung der Streuungen, die zwischen den einzelnen BMW-Motoren auftreten, für die geprüften Öle als befriedigend gelten.

Wir haben uns noch bemüht, mit den Ringsteckversuchen eine Bewertung hinsichtlich des Abriebes und der Alterung zu verbinden. Dies ist aber nicht in befriedigender Weise möglich gewesen. Es treten nämlich zu große Streuungen auf, die wohl in erster Linie dadurch bedingt sind, daß die Versuchszeiten und der Einfluß der am Schluß feststehenden Kolbenringe ungleichmäßig sind. Wir hoffen, daß wir hier weiter kommen durch Beobachtung des Abriebes in Verbindung mit unseren Schlammbildungsversuchen, auf die ich noch eingehen will.

110

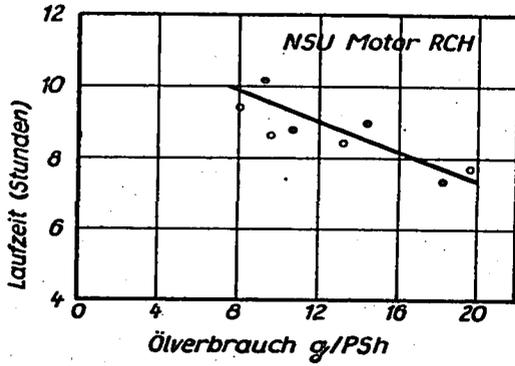


Abb.1: Laufzeit in Abhängigkeit vom Ölverbrauch

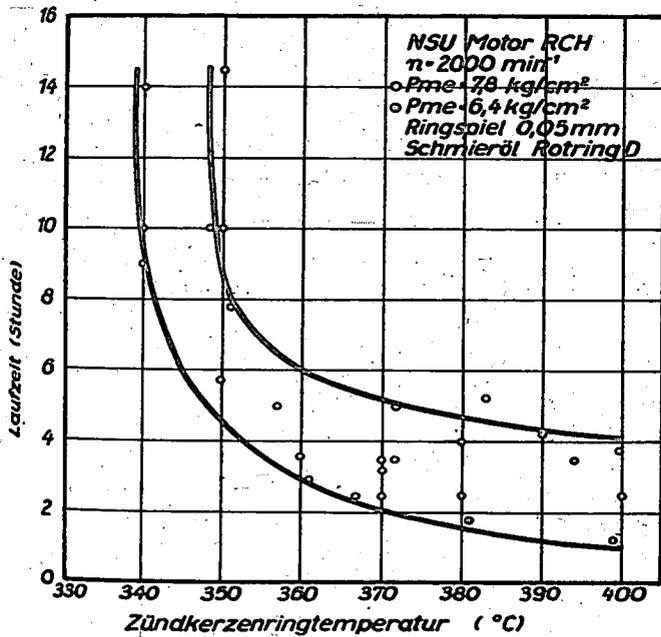


Abb.2: Laufzeiten bei verschiedenen Temperaturen

1309

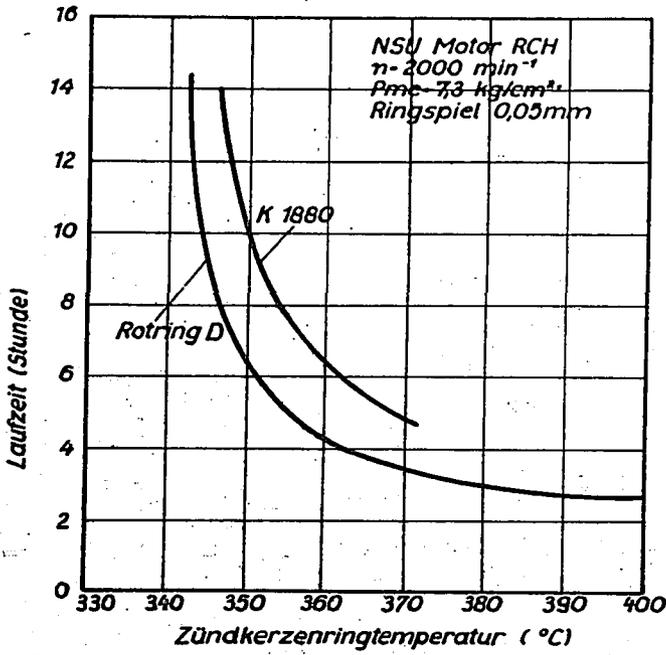


Abb. 3: Laufzeit-Temperaturkurven

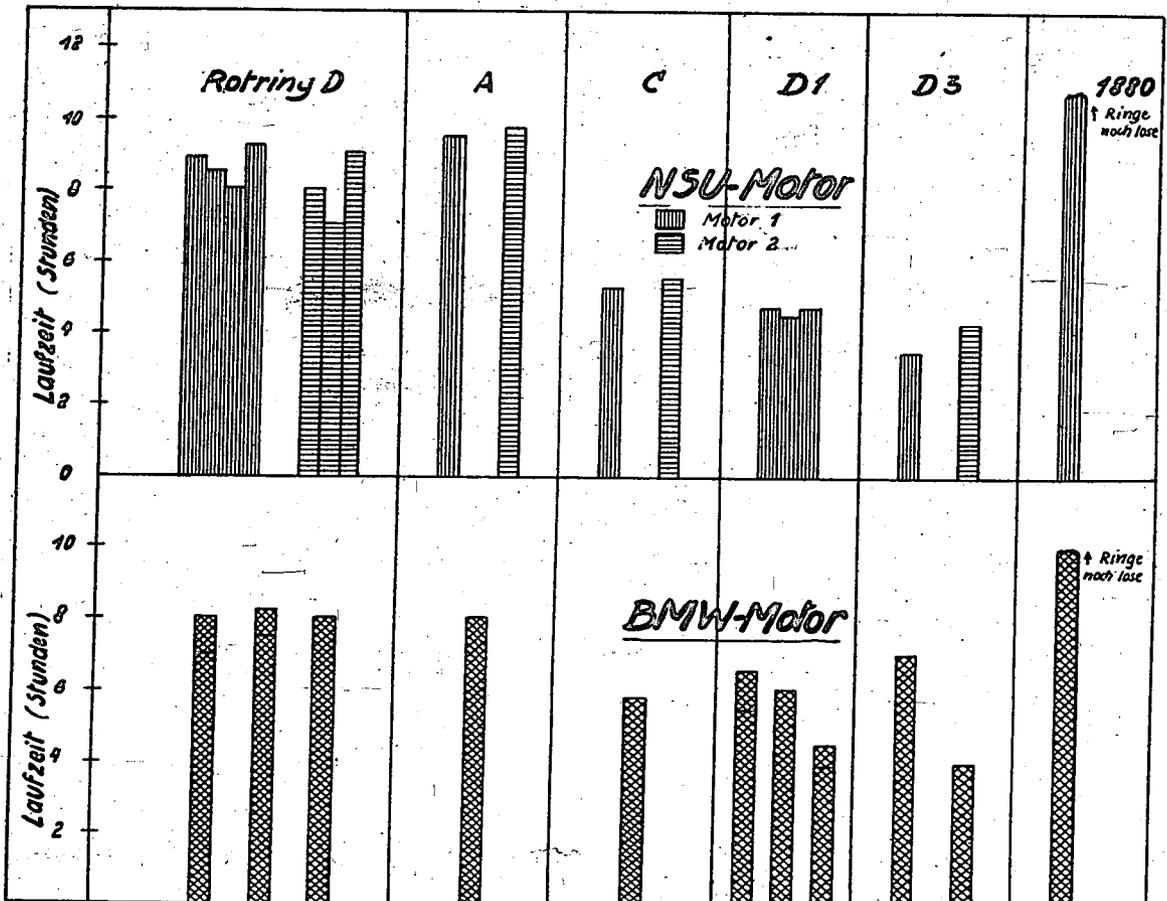


Abb. 4: Laufzeiten einiger Öle im NSU- und BMW-Motor.