

L-V

III B 17

Richtlinien für die Prüfung von Bauteilen und Geräten der Triebwerksanlagen von Flugzeugen

Von Ing. G. TELTO, Bln.-Adlershof

Die Prüfungen von Bauteilen und Geräten der Triebwerksanlage von Flugzeugen, die verschiedenen Prüfarten, Bedingungen und Verfahren hierfür werden geschildert. Ferner werden die zur Durchführung der Standerprobungen dieser Geräte und Bauteile erforderlichen Prüfstände erwähnt.

I. Zweck und Umfang von Prüfungen

1. Musterprüfung
2. Abnahmeprüfung
3. Überwachungsprüfungen
4. Prüfung in Entwicklung befindlicher Geräte

II. Musterprüfung von Triebwerksgeräten bzw. -bauteilen

1. Grundsätzliche Prüfungen
2. Prüfung von Pumpen
 - a) Kraftstoff-Förderpumpen
 - b) Handpumpen
 - c) Anlaßpumpen
 - d) Schmierstoff- und Kühlstoffpumpen
 - e) Kleine Luftverdichter und Sogpumpen
3. Prüfung von Behältern
4. Prüfung von Kühlern
5. Prüfung von Betriebsstoffschläuchen
6. Prüfung von Triebwerksarmaturen
 - a) Filter
 - b) Behälterarmaturen
 - c) Ventile und Hähne
 - d) Pressluftarmaturen
 - e) Rohrverschraubungen
7. Prüfung von Bedienanlagen
8. Prüfung von Brandschottwänden

Zusammenfassung

524

9652

Richtlinien für die Prüfung von Bauteilen und Geräten der Triebwerksanlagen von Flugzeugen

I. Zweck und Umfang von Prüfungen

1. Musterprüfung

Für den Nachweis auf Lufttuchtigkeit sind die Triebwerksgeräte bzw. -bauteile einer Musterprüfung zu unterwerfen. Die Prüfbedingungen müssen weitgehend dem Betriebszustand angepaßt werden; darüber hinaus ist zur Erreichung einer größtmöglichen Betriebssicherheit eine Verschärfung dieser Bedingungen erforderlich, d. h. z. B. Erhöhung der Drehzahlen, Temperaturen, Drücke, Kräfte usw. Ferner sind vielfach Bruchgrenzen zu ermitteln, Dauerläufe sowie Korrosions- und Alterungsprüfungen durchzuführen. Außer den Werkstoff- und Laboratoriumsversuchen ist in den meisten Fällen eine Erprobung im Flugbetrieb erforderlich.

Das für die Flugerprobung freigegebene Gerät oder Bauteil wird unter ständiger Beaufsichtigung nun im Flugbetrieb eingehend erprobt. Hierbei werden die erforderlichen Messungen durchgeführt und die Geräte Überbeanspruchungen, die sich im Flugbetrieb ermöglichen lassen, ausgesetzt. Hat sich auch hier der Prüfling, ausreichend bewährt, so wird die Zulassung (mit oder ohne Einschränkung) für die Luftfahrt erteilt. Bei Nichtbewährung oder Änderung der Betriebsbedingungen kann die Zulassung jederzeit aufgehoben werden.

2. Abnahmeprüfung (Stückprüfung)

Es ist wünschenswert, daß die in Reihe hergestellten Geräte und Bauteile vor der Indienststellung auf ihre Beschaffenheit geprüft werden. Fehler, die sich aus nicht einwandfreier Werkstattarbeit, Werkstoffbeschaffenheit oder Arbeitsplanung ergeben, sollen schon rechtzeitig erkannt und beseitigt werden. Den Aufsichtsbeamten, die vom R.L.M. bei den Herstellern eingesetzt sind, obliegt daher die Überwachung der richtigen Werkstoffverwendung, Maßhaltigkeit und Werkstattausführung, wie sie bei der Zulassung zugrunde gelegt worden sind. Das den Abnahmebedingungen entsprechende Gerät wird von der Bauaufsicht gekennzeichnet.

3. Überwachungsprüfungen

Von Zeit zu Zeit, im Mittel etwa nach 500 Flugstunden, spätestens aber nach einem Jahr, werden bei der Grundüberholung eines Luftfahrzeuges Bauteile und Geräte der Triebwerksanlagen untersucht und, falls erforderlich, ausgewechselt. Gleiche Untersuchungen werden nach Instandsetzungsarbeiten am Luftfahrzeug infolge von Beschädigungen, z. B. Bruchlandungen, durchgeführt.

4. Prüfung in Entwicklung befindlicher Geräte

Für die Durchführung von Versuchen mit Geräten und Bauteilen, die sich in der Entwicklung befinden, wird man sich ebenfalls meist nach den Musterprüfvorschriften richten oder, falls diese hierfür noch nicht vorhanden sind, die wahrscheinlichen Betriebsbedingungen zugrunde legen. Hierbei sind grundsätzliche Untersuchungen anzustellen und mehr noch als bei den Musterprüfungen zur Feststellung der Sicherheit und des Verwendungsbereiches des jeweiligen Baumusters Grenzwerte zu ermitteln.

II. Musterprüfung von Triebwerksgeräten bzw. -bauteilen

1. Grundsätzliche Prüfungen

Für die Musterprüfung von Triebwerksgeräten bzw. -bauteilen gilt allgemein folgendes:

Das Gewicht des Prüflings ist zu ermitteln, die Maßhaltigkeit und Werkstattausführung zu untersuchen,

sowie auf Anwendung der Normungsrichtlinien zu achten. Die Werkstoffauswahl hat unter dem Gesichtspunkt einer vom Ausland unabhängigen Rohstoffbeschaffung zu erfolgen, ferner unter Berücksichtigung einer Einsparung an Gewicht.

a) Schüttelprüfung

Da die Geräte und Bauteile der Triebwerksanlagen im Flugbetrieb meist erheblichen Erschütterungen und Schwingungen ausgesetzt sind, müssen sie auf ihre Widerstandsfähigkeit, dagegen untersucht werden. Diese Schüttelprüfung erstreckt sich meistens auf eine Dauer von 50 bis 100 h bei 50 Hz und 2 mm Schwingungsweite. Jedoch können diese Bedingungen je nach der Einbaulage des Prüflings gemildert bzw. verschärft werden.

a) DVL-Schütteltisch

Der DVL-Schütteltisch (s. Abb. 1) eignet sich für Prüfungen von Teilen mit einem Gewicht bis zu etwa 3 kg.

Die mit einem Gleichstrommotor gekuppelte Antriebswelle treibt über Schraubenräder die beiden darunter angeordneten, in einem Gehäuse gelagerten Wellen im Verhältnis 1:1 an. Auf den exzentrisch gedrehten Stümpfen dieser Wellen sitzen kerbverzahnte Naben, die als Schwingen ausgebildet sind. Die Enden dieser vier Schwingen sind an einem Rahmen mit Aufspannplatte angeschraubt. Die Aufspannplatte wird senkrecht und waagrecht bewegt.

Die Schwingungsweite läßt sich durch gleichmäßiges Verdrehen der vier kerbverzahnten Exzenter-naben feinstufig zwischen 0 und 4 mm einstellen. Die Drehzahl des Antriebsmotors und somit die Frequenz der Schwingungen wird durch einen Widerstand geregelt.

Das zu prüfende Gerät wird auf der Aufspannplatte des Schütteltisches befestigt. Rohrleitungen bzw. Rohrverbindungen werden zur Prüfung zweckmäßig so aufgebaut, daß ein Ende der Rohrleitung mit dem Schütteltisch verbunden, während das andere an einem festen Punkt außerhalb befestigt wird.

b) Schütteltisch „Original Losenhausen“

Der Schütteltisch von Losenhausen, Düsseldorf (vgl. Abb. 2), ist für eine Belastung bis zu 75 kg geeignet. Schwingungszahl und Schwingungsweite ist regelbar. Die Schwingungsweite kann bei 10 bis 50 Hz, 0,5 bis 5,0 mm und bis 70 Hz, 0,5 bis 2,0 mm betragen.

Beschreibung vgl. Beitrag VD 3.

b) Beständigkeitsprüfungen

Die Beständigkeit der Geräte und Bauteile wird durch Lagerung in ihren Betriebsflüssigkeiten sowie durch Lagerungen im Freien (Bewitterungsprüfung) und in



Abb. 1 DVL-Schütteltisch

einem Salzwassersprühnebel (für Wasserflugzeuge) geprüft. Die Prüflinge werden entsprechend ihrem Verwendungszweck und ihrer Einbaulage bei folgenden Temperaturen eingelagert: Kraftstoff bei Raumtemperatur bis 80° C, Schmierstoff bei 80° C bis 140° C, Wasser bei 95° C, Glykol bei 130° C bis 160° C, Preßöle sowie Löschmittel- und Meßleitungsflüssigkeiten bei Raumtemperatur bis 60° C.

c) Prüfung der Dichtungen

Die Dichtungen der Geräte werden entsprechend den jeweils ungünstigsten Betriebsbedingungen auf ihr Verhalten gegen die Flüssigkeiten und Dämpfe, mit denen sie im Betrieb in Berührung kommen können, untersucht. Die Prüfbedingungen für die hierbei durchzuführenden Einlagerungen sind die gleichen wie unter „Beständigkeitsprüfungen“. Bei den Untersuchungen ist auf jede Veränderung des Prüflings zu achten, wie Quellung, Schrumpfung, Zerstörung, Verhärtung oder Gewichtsveränderung. Ferner ist mit den Dichtungen eine Alterungsprüfung durchzuführen. Die Prüflinge werden hierbei während 100 bis 200 h in sauerstoffreicher Warmluft gelagert. Z. T. ist auch eine Prüfung auf Kältebeständigkeit erforderlich. Die Temperatur, bei der die Dichtung spröde wird, soll hierbei ermittelt werden. Die Untersuchung wird in einem kleinen Kältekasten durchgeführt; die Unterkühlung, bis auf etwa -60° C, wird durch ein Kohlendioxid-Schnee-Spiritus-Gemisch erreicht.

2. Prüfung von Pumpen

a) Kraftstoff-Förderpumpen

Die Pumpen müssen außer den unter II.1 angeführten Bedingungen und einwandfreiem mechanischem Verhalten im Flugbetrieb (Dauerlauf) folgenden Ansprüchen gerecht werden:

- Lageunempfindlichkeit,
- Ansaugen aus leerer Leitung,
- große Saughöhe,
- einstellbarer Förderdruck,
- selbsttätige Fördermengenregelung,
- konstanter Förderdruck bei den verschiedenen Fördermengen und Drehzahlen,
- Förderung durch die ruhende Pumpe bzw. Umpumpleitung (geringer Durchflußwiderstand),
- geringe Antriebsleistung,
- einwandfreies Verhalten in Kälte,
- einwandfreies Arbeiten in großen Flughöhen.

Zu der letzten Forderung sei jedoch bemerkt, daß die übliche Anordnung der Kraftstoff-Förderpumpe am Flugmotor und die damit verbundene mehr oder weniger lange Leitung zum Kraftstoff-Behälter (große Saughöhe) nur eine sehr bedingte Höhentauglichkeit zuläßt, die auch noch vom Dampfdruck des Kraftstoffes abhängig ist. Für die Kraftstoffversorgung in großen Flughöhen sind daher Hilfseinrichtungen bzw. Änderungen im System (Behälterpumpen) vorzusehen.

a) Musterprüfung

Die Teile, die einer wesentlichen Abnutzung im Betrieb ausgesetzt sind, z. B. Lagerstellen, werden aufgemessen. Ebenfalls ist die Kennlinie der in der Pumpe verwendeten Federn festzustellen.

Nach Feststellung des äußeren Befundes werden zur Untersuchung der Betriebsfähigkeit des Prüflings eine Reihe von Standerproben durchgeführt. Zuerst werden die Fördermengen bei verschiedenen Drehzahlen in Abhängigkeit von der Saug- und Druckhöhe bestimmt. Für Pumpen mit zwei Saugleitungen muß die Messung für jeweils eine Leitung getrennt und zusammen durchgeführt werden. Der Druckregler befindet sich dabei in oberer Endstellung. Ferner wird die Leistung bei jeweils einer offenen Saugleitung für die Nenndrehzahl bei einer dem Flugbetrieb angepaßten



Abb. 2 Schütteltisch „Original Losenhausen“

Druckreglereinstellung und einer bestimmten Saug- und Druckhöhe ermittelt:

Einen besonderen Prüfabschnitt bildet die Aufnahme der Regelkurven. Bei Nenndrehzahl und einer bestimmten Saughöhe wird mit verschiedenen Druckreglereinstellungen die Änderung der Druckhöhe in Abhängigkeit von der Fördermenge ermittelt. Die Druckänderung soll möglichst gering sein und darf bei 10 bis 50 vH Nennentnahme einen bestimmten Wert nicht überschreiten.

Ferner ist der Druckverlauf bei verschiedenen Drehzahlen, Saughöhen und Druckreglereinstellungen, und zwar bei 40 vH und 60 vH der vorher bei den verschiedenen Drehzahlen ermittelten Fördermengen zu bestimmen.

Beim Anlassen des Flugmotors soll die Kraftstoff-Förderpumpe vielfach aus leerer Saugleitung Kraftstoff zum Vergaser heranschaffen. Die Ansaugzeit muß daher bei der Musterprüfung festgestellt werden.

Bei den gleichen Drehzahlen wie vor dem wird bei 0 m Druckhöhe mit voller und entleerter Saugleitung die größte Saughöhe ermittelt.

Schnelle Steigerung der Drehzahl darf die Kraftstoffsäule nicht abreißen lassen. Daher wird bei der Musterprüfung die Pumpendrehzahl vom Leerlauf bzw. Stillstand innerhalb von 2 Sekunden auf Nenndrehzahl bei 0,3 kg/cm² Saugdruck beschleunigt. Die Saughöhe setzt sich aus dem Widerstand der Leitung und aus 2,5 m statischer Saughöhe und zusätzlichem Drosselwiderstand zusammen. Die Kraftstoff-Förderung darf hierbei nicht unterbrochen werden.

Bei stehendem Flugmotor oder beim Aussetzen der Kraftstoff-Förderpumpe im Flugbetrieb muß mittels Handpumpe Kraftstoff durch die ruhende Kraftstoff-Förderpumpe gefördert werden können. Die Fördermenge muß daher mit der entsprechenden Handpumpe (FBH-Armatur mit Handpumpe) bei einem Saug- und Förderdruck von je 0,3 kg/cm² bei einer bestimmten Anzahl Doppelhüben festgestellt werden. Ferner wird der Durchflußwiderstand der Umpumpleitung bei entsprechenden Durchflußmengen ermittelt.

Zum Abschluß der Prüfungen vor der Dauererprobung wird die Antriebsleistung in Abhängigkeit von der Drehzahl bei bestimmter Saughöhe, Druckhöhe und Druckreglereinstellung festgestellt.

β) Dauerlauf

Bei zufriedenstellendem Ergebnis der vorgenannten Prüfungen wird die Pumpe während eines 200 h Dauerlaufes auf ihre Betriebssicherheit weiterhin erprobt. Der Dauerlauf sieht folgende Unterteilung vor:

1. 160-h-Lauf entsprechend den Betriebsbedingungen des Pumpenmusters, hierbei sind Saug- und Druckhöhe sowie die Druckreglereinstellung festgelegt. Gleichzeitig wird der Schmierstoffverbrauch gemessen. Die in den Kraftstoff übertretende Schmierstoffmenge darf 3 vH nicht überschreiten.
2. 10-h-Lauf bei verschiedenen Pumpenstellungen zum Nachweis der Lageunempfindlichkeit. Die Pumpe wird in Längsachse nach oben und unten geneigt sowie um ihre Achse gedreht.
3. 10-h-Lauf mit Überdrehzahl. Die Überdrehzahl wird mit 130 vH Nenndrehzahl festgelegt. Hierbei sind Saug- und Druckhöhe sowie Druckreglereinstellung vorgeschrieben.
4. 10-h-Lauf mit Zulaufdruck bei Nenndrehzahl und bestimmter Druckhöhe und Reglereinstellung.
5. 6-h-Lauf mit erwärmtem Kraftstoff. Hierbei sind die Fördermengenmessungen bei verschiedenen Kraftstofftemperaturen (40°, 60° und evtl. 80° C) durchzuführen.
6. 4-h-Lauf bei Unterkühlung. Pumpe und Kraftstoff werden auf eine bestimmte Temperatur unterkühlt. Die Fördermenge ist in Abhängigkeit von der sinkenden Kraftstofftemperatur bei Nenndrehzahl und bestimmter Saug- und Druckhöhe sowie Reglereinstellung zu messen. Bei Pumpen mit besonderer Schmierung wird diese Prüfung, da leicht beim Einfrieren des Schmierstoffes ein Pumpenteil fressen kann, später nach der Besichtigung des Prüflings durchgeführt.

Die für die Prüfung verwendeten Kraftstoffe werden von Fall zu Fall angegeben. Ebenfalls sind nur die für den Flugverkehr zugelassenen Schmierstoffe zu verwenden.

Bei Pumpen für Einspritzbetrieb liegen die für die einzelnen Prüfungen geforderten Druckhöhen und Reglereinstellungen entsprechend höher.

γ) Prüfung nach dem Dauerlauf

Nach Beendigung des 200-h-Laufes wird nochmals die Nennförderleistung der Pumpe festgestellt und mit den am Anfang der Prüfung ermittelten Werten verglichen.

Danach werden die Kraftstoff- und etwaigen Schmierstoffwege der Pumpe auf ihre Dichtigkeit durch Flüssigkeitsdruck geprüft. Anschließend hieran wird die Pumpe zerlegt. Der Befund der zerlegten Pumpe und die Abnutzung der aufgemessenen Teile wird festgestellt; etwaige Veränderungen der Charakteristik der einzelnen Federn werden ermittelt.

Zum Abschluß der Prüfung wird bei Pumpen mit Druckölanschluß ein 2-h-Lauf ohne Ölzufuhr durchgeführt. Die Einstellung ist hierbei die gleiche wie bei der Feststellung der Nennförderleistung. Danach wird die Pumpe nochmals zur Befundaufnahme zerlegt.

δ) Famo-Kraftstoffpumpenprüfungsstand

Der im Lichtbild (Abb. 3) gezeigte Kraftstoffpumpenprüfungsstand der Fahrzeug- und Motorenwerke G. m. b. H. Breslau, ist mit einem Pendelmotor mit Stützhalter sowie mit Drosselorganen und Druckmessern in der Saug- und in der Druckleitung und zur Bestimmung der Fördermengen mit zwei Leuchtbildwaagen ausgerüstet.

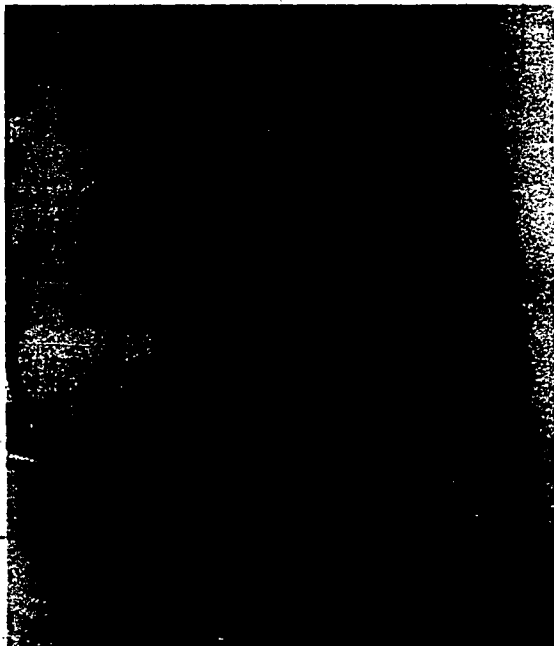


Abb. 3 Famo-Kraftstoffpumpen-Prüfstand

b) Handpumpen

Die Musterprüfung von Handpumpen erstreckt sich auf:

a) Fördermengenmessung

Die Fördermengen werden in Abhängigkeit von Saug- und Druckhöhe, Hubzahl sowie Temperatur der Betriebsflüssigkeit (bei Schmierstoff) gemessen. Ferner sind hierbei größte Saughöhe und Förderhöhe zu ermitteln.

Der Antrieb der Handpumpe bei den Versuchen erfolgt mechanisch, z. B. durch Kurbelbetrieb.

β) Dauerlauf

Die Handpumpe wird in gleicher Weise wie bei obiger Prüfung angetrieben. Bei etwa 50 bis 100 Hüben/min wird der Lauf bis zur Erreichung einer bestimmten Gesamthubzahl durchgeführt. Die Fördermengen werden dann nochmals wie oben gemessen. Ein nennenswerter Abfall der Leistung gegenüber der 1. Messung ist unzulässig.

γ) Feststellung des Betätigungsmomentes

Die für die Betätigung der Pumpe erforderliche Kraft muß möglichst gering sein, da z. B. die Handpumpe bei ausfallender Motor-Kraftstoffpumpe die Kraftstoff-Förderung übernehmen muß und daher von der Besatzung des Luftfahrzeuges längere Zeit, d. h. bis zur Erreichung eines geeigneten Landeplatzes möglichst mühelos bedient werden soll.

c) Anlaßpumpen

Zum Einspritzen von Kraftstoff in den Verbrennungsraum der Flugmotoren beim Anlaßvorgang sind kleine von Hand zu betätigende (Kolben-) Pumpen vorgesehen. Z. T. sind die Pumpen mit einem Vorratsbehälter, der vielfach mit einem zum Anlassen besonders

günstigen Kraftstoff gefüllt wird, versehen. Die Anlaßpumpen sind meist im Führerraum untergebracht; der Kraftstoff wird durch Leitungen zu den im Zylinderkopf oder den Ansaugleitungen untergebrachten Einspritzdüsen gepumpt.

Musterprüfung

Die zur Musterprüfung eingereichte Anlaßpumpe wird neben den unter II.1 aufgeführten Prüfungen einem Dauerlauf (Abriebfestigkeit der Kolbenmanschette) unterzogen. Ferner wird die geförderte Kraftstoffmenge/Hub bestimmt, die Betätigungskraft festgelegt und bei Ermittlung der auftretenden Drücke die Vernebelung des Kraftstoffes an den Einspritzdüsen geprüft.

d) Schmierstoff- und Kühlstoffpumpen

Bei dem Entwurf der Förderpumpen für Schmierstoff und Kühlstoff ist, neben der für die Luftfahrt selbst verständlichen Leichtbauweise, auf gutes Temperaturverhalten (Schmierstoff 130° bis 140° C, Glykol 160° C) und auf einwandfreie Korrosionsbeständigkeit (Glykol) der Pumpen größter Wert zu legen.

Die Musterprüfung dieser Förderpumpen ist entsprechend den gestellten Anforderungen nicht so umfangreich. In der Hauptsache sind eine Nachprüfung der Fördermengen in Abhängigkeit von den Drehzahlen, eine Dauererprobung und Messung der Antriebsleistung erforderlich.

Famo-Schmierstoffpumpenprüfstand

Bei dem Schmierstoffpumpenprüfstand (s. Abb. 4) der Fahrzeug- und Motoren-G. m. b. H. Breslau, Baujahr 1936, erfolgt der Antrieb der Schmierstoffpumpe durch einen Gleichstrommotor, dessen Drehzahl sich mittels Leonard-Schaltung von 400 bis 4000 min⁻¹ regeln läßt. Die gewünschte Saug- und Druckhöhe wird durch Drosselventile eingestellt, die Fördermenge wird mittels einer Leuchtbildwaage gemessen.

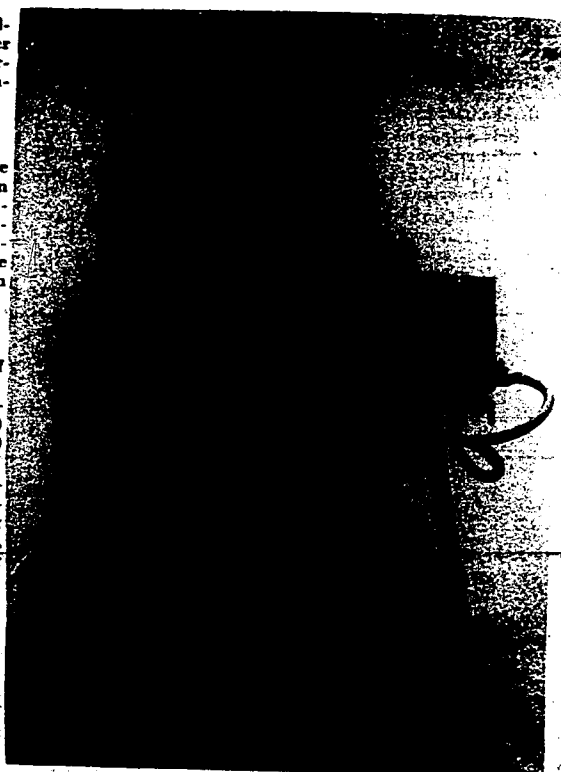


Abb. 4 Famo-Schmierstoffpumpen-Prüfstand

Bei diesen Leistungsuntersuchungen sind zu ermitteln:

- Luftzustand im Prüfraum.
- Pumpendrehzahl.
- Fördermenge.
- Druckverhältnisse.
- Eintrittstemperatur.
- Austrittstemperatur.
- Antriebsleistung.
- Olverbrauch.

Um die Undichtigkeiten an den Wellenabdichtungen, die bei den üblichen Luftmengenmessungen zu Fehlergebnissen führen können (Liefergrad), auszuschalten, wird folgende Anordnung benutzt: Die Leckstellen werden an eine Kammer angeschlossen. Der Luftdruck in dieser Kammer wird während der Versuche auf den erforderlichen Ansaugdruck gehalten. Hierdurch wird vermieden, daß die Pumpe durch die Leckstellen (Wellenabdichtung) wesentliche Luftmengen ansaugt bzw. herausdrückt.

e) Kleine Luftverdichter und Sogpumpen

Die Luftverdichter werden je nach dem Verwendungszweck eingeteilt in:

1. Sogpumpen.
2. Druckpumpen.
3. Druck- und Sogpumpen.

Da die Kreiselgeräte nur durch ölfreie Luft angetrieben werden können, wird vorwiegend das saugseitig erzeugte Druckgefälle der Verdichter benutzt. Es finden jedoch auch druckseitig angeschlossene Geräte Verwendung, die eine einwandfreie Filterung der geförderten Luft von Ölnestern und Oldampf voraussetzen. Auch bei der Kammerbelüftung muß die Luft ölfrei sein.

Um eine einwandfreie Bewertung der Luftverdichter zu ermöglichen, werden die Kennfelder, wie sie im Lader- und Kreiselverdichterbau üblich sind, ermittelt.

Die Musterprüfung der Luftverdichter ist dementsprechend durchzuführen. Neben den unter II.1 angeführten grundsätzlichen Prüfungen sind folgende Untersuchungen anzustellen:

1. Feststellung der Förderleistung der Pumpe bei saugseitiger Drosselung. Die Messungen werden bei den erforderlichen Druckverhältnissen und Drehzahlen durchgeführt. Die Leitungswiderstände auf der Druckseite müssen klein gehalten werden, die geförderte Luft bläst am besten ins Freie ab.
2. Feststellung der Förderleistung bei gleichen Druckverhältnissen und Drehzahlen wie unter 1, jedoch bei druckseitiger Drosselung. Der Leitungswiderstand der Saugleitung soll hierbei möglichst klein gehalten werden und muß bei Ermittlung der Druckverhältnisse in Rechnung gesetzt werden.

3. Dauerlauf. Nachdem die Leistungen der Pumpe gemessen sind, wird das Muster einer Dauererprobung (100 h) bei Nenndrehzahl und einer kurzzeitigen (etwa 30 Sekunden) Belastungsprobe bei Überdrehzahl (Sturzflug-Drehzahl) ausgesetzt. Nach dem Dauerlauf wird der Leistungsabfall der Pumpe durch Wiederholung der Leistungsmessungen ermittelt.
4. Anfahr-Versuche. Das Verhalten der Pumpe bei mehrmaliger kurzzeitiger Beschleunigung aus dem Stillstand bis zur Erreichung der Nenndrehzahl ist zu prüfen. Die Untersuchung wird sowohl bei Raumtemperatur wie auch mit unterkühltem Prüfling durchgeführt.

Luftverdichterprüfstand

Zur Durchführung von Musterprüfungen kleiner Luftverdichter wurde in der DVL der in den Abb. 5 und 5a gezeigte Prüfstand entwickelt. Der Luftverdichter wird durch einen regelbaren Gleichstrommotor angetrieben. Die Drehzahl wird durch einen Fern-Drehzahlmesser angezeigt. Zur zusätzlichen Luftkühlung wird bei der Prüfung von luftgekühlten Pumpen das angebaute Gebläse benutzt.

Über einen Luftfilter wird die von dem Luftverdichter angesaugte Luft durch eine Gasuhr geleitet. Von hier gelangt sie in einen größeren Behälter, durch den ein gleichmäßiger Ansaugzustand erreicht werden soll. Druck und Temperatur im Behälter sind am Schaltpult ablesbar. In der Saugleitung ist ferner ein Drosselventil eingebaut, mit dem die Saughöhen der Pumpe eingestellt werden können. Zur möglichst genauen Feststellung der Förderleistungen sind unmittelbar am Saug- und am Druckstutzen der Verdichter Temperatur- und Druckmeßstellen vorzusehen.

Bei der Prüfung von Sogpumpen wird die geförderte Luft druckseitig ohne große Leistungswiderstände ins Freie geleitet. Will man jedoch auch auf der Druckseite des Verdichters einen Gegendruck unterhalb des Bodendruckes einstellen, so wird die Luft in einen zweiten Behälter gefördert, dessen innerer Druck durch eine Absaugpumpe regelbar ist. Leckverluste des Verdichters können durch gleichzeitige Fördermengenmessung auf der Saug- und Druckseite ermittelt werden. Bei Druckpumpen oder kombinierten Sog- und Druckpumpen wird der Gegendruck im Druckbehälter durch ein Drosselventil geregelt.

3. Prüfung von Behältern

Die Behälter müssen gegen Dauerschwingungen und gegen die beim Sturzflug auftretende Beschleunigung genügend widerstandsfähig sein. Die Behälterbefestigung muß ebenfalls diesen Beanspruchungen Rechnung tragen. Der Werkstoff der benetzten Flächen muß betriebsstoff- und wasserbeständig sein; die Außenhaut der Behälter darf von den Leckstoffen nicht angegriffen werden. Die Anordnung der verschiedenen Behälterarmaturen, wie Verschlusskappen, Belüftungsventile, Einfüllstutzen, Behälterköpfe oder Abfaßstutzen soll hier unerwähnt bleiben.

Rückenflugsichere oder abwerfbare Behälter sind entsprechend den Sonderanforderungen zu prüfen.

Musterprüfung

Bei Musterprüfung eines Behälters sind die physikalischen Eigenschaften der verwendeten Werkstoffe zu ermitteln und, falls erforderlich, übliche technologische Untersuchungen durchzuführen. Ferner ist die Festigkeit der Verbindungsstellen, die entsprechend der gewählten Bauweise des Behälters geschweißt, genietet oder geleimt sein können, zu prüfen. Nachdem die Zweckmäßigkeit des Aufbaues (Form, Anordnung der Spanten) sowie der Behälterbefestigung und die Werkstoffausführung überprüft worden sind, wird der Behälter einer der Betriebsverhältnissen angepaßten Über- und Unterdruckprüfung ausgesetzt. Durch eine Schüttelprüfung im trockenen oder teilweise gefüllten Zustand soll die Schwingungsfestigkeit des Behälters nachgewiesen werden. Ferner ist das Verhalten gegen Schleuderkräfte zu untersuchen. Der Behälter darf hierdurch nicht beschädigt werden und muß bei Wiederholung der Dichtigkeitsprobe sich einwandfrei verhalten.

4. Prüfung von Kühlern

Der Kühler wird zuerst auf seine Dichtigkeit bei einem dem Verwendungszweck entsprechenden Prüfdruck untersucht. Danach wird der Durchflußwiderstand bei den erforderlichen Flüssigkeitsmengen und Temperaturen ermittelt. Anschließend wird ein Durch-



Abb. 5 DVL-Luftverdichterprüfstand

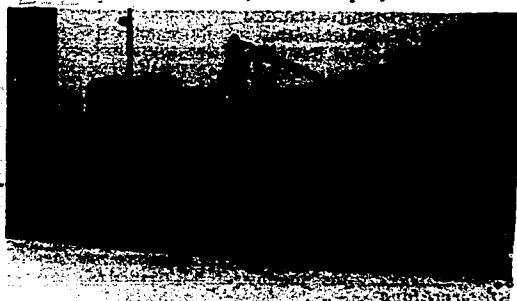


Abb. 5a Prüftisch des DVL-Luftverdichterprüfstandes (Deckbleche abgenommen)

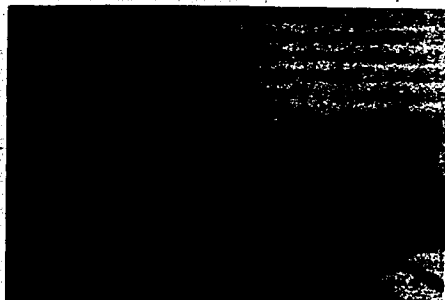


Abb. 5b Prüfstand für Sogpumpen und Druck- und Sogpumpen der Knorr-Bremse A.G., Bln.-Lichtenberg

Zu Abb. 5b:

Knorr-Luftverdichterprüfstand

Der von der Knorr AG., Berlin, entwickelte Prüfstand, s. Abb. 5b, weist einen ähnlichen Aufbau wie der vorgenannte DVL-Prüfstand auf. Die Leistungsmessung erfolgt hier jedoch durch einen Gleichstrom/Pendelmotor (Drehzahlregelung durch Leonard-Satz). Für die Luftmengenmessung sind saug- und druckseitig die beiden rechts an der Instrumententafel (s. Abb. 5) befindlichen Rotamesser vorgesehen.

flußdauerlauf durchgeführt, Druck und Temperatur richten sich nach dem Verwendungszweck. Mit dem Dauerlauf soll nach Möglichkeit die Schüttelprüfung verbunden werden. Der Kühler muß nach der Prüfung einwandfrei dichthalten und keinerlei Korrosionsercheinungen aufweisen.

Die Prüfbedingungen für etwa vorhandene Schaltvorrichtungen sind von Fall zu Fall zu bestimmen, z. B. Feststellung des Schließ- und Öffnungsdruckes, Nachweis der Betriebssicherheit durch Dauerschaltprüfungen, Ermittlung der Betätigungskräfte usw.

5 Prüfung von Betriebsstoffschläuchen

Betriebsstörungen im Flugbetrieb durch Schwingungsbrüche an Rohrleitungen haben zur Entwicklung und Einführung von Schläuchen geführt. Ein weiterer Vorteil neben der Schwingungsfestigkeit der Betriebsstoffschläuche ist ihre bessere Ein- und Ausbaumöglichkeit. Der Verwendungsbereich der Schläuche vergrößerte sich entsprechend der schnellen Entwicklung der Luftfahrzeuge. Die Schläuche finden z. Z. Verwendung als:

- Kraftstoffschlauch,
- Schmierstoffschlauch,
- Kühlstoffschlauch,
- Preßluftschlauch,
- Heißluftschlauch,
- Preßölschlauch,
- Be- und Entlüftungsschlauch,
- Löschmittelschlauch,
- Meßmittelschlauch,
- Sauerstoffschlauch (Sonderschlauch).

Dieser große Verwendungsbereich gestaltet die Auswahl des Schlauchwerkstoffes, den Schlauchaufbau und die Schlauchanschlußverbindung schwierig. Die Entwicklungsarbeiten auf diesem Gebiet sind durch die Einführung der Conti-Schläuche mit Argus-Anschlüssen aus synthetischem Gummi und Geflechtlagen (teilweise mit Drahtwendel) zu einem gewissen Abschluß gebracht worden.

Musterprüfung

Die Musterprüfvorschriften sehen eine Untersuchung des Schlauch- und des Schlauchanschlußwerkstoffes sowie eine Prüfung der mit Anschlüssen versehenen Schläuche (Schlauchleitungen) vor.

Die Untersuchungen der Werkstoffe erstrecken sich auf Feststellung der allgemeinen physikalischen und chemischen Eigenschaften im Hinblick auf den Verwendungsbereich. Ferner werden Probestreifen des Werkstoffes der Schlauchinnenwand während einer längeren Zeit in Betriebsflüssigkeiten, die bei der Lagerung z. T. erwärmt werden, gelagert; Veränderungen des Werkstoffes chemischer und physikalischer Art, wie Zerfall, Gewichtsänderung, Quellung bzw. Schrumpfung, Festigkeit und Biegefähigkeit werden hierbei ermittelt. Durch eine weitere Lagerung von zwei zusammengefügt Probestreifen, die einerseits aus dem Werkstoff der Schlauchinnenwand und andererseits aus den in Frage kommenden Anschluß- und Flugzeugbauwerkstoffen besteht, wird das Korrosionsverhalten des Schlauchwerkstoffes untersucht.

Zur Feststellung der Dichtigkeit werden die Schläuche einem Flüssigkeitsdruck 1 h lang ausgesetzt. Die vorgeschriebenen Drücke liegen hierbei aus Sicherheitsgründen höher als die üblichen Betriebsdrücke. Auch bei einem Unterdruck von $0,8 \text{ kg/cm}^2$ müssen die Muster dichthalten und genügend formbeständig bleiben. Die axialen und radialen Längenänderungen werden dabei ermittelt.

Die Überdruckprüfung wird mittels einer Flüssigkeitspresse durchgeführt. Für die Unterdruckprüfung kann eine kleine Vakuumkolbenpumpe oder auch eine Wasserstrahlpumpe verwendet werden.

Um die Betriebsbeständigkeit zu erproben, werden die Muster verschiedenen Prüfungen nacheinander ausgesetzt. Die Schläuche werden zuerst zum Nachweis der Schwingungsfestigkeit einer 50ständigen Schüttelprüfung unterzogen. Danach werden je nach dem Verwendungsbereich die Betriebsflüssigkeiten oder öldampfsättigte Heißluft während einer längeren Dauer (100 h) durch den Prüfling gepumpt. Temperatur, Druck



Abb. 6 - DVL-Schlauchsüttelvorrichtung

und Durchtrittsmenge ist hierfür jeweils festgelegt. Nach jeder Prüfung wird die Dichtigkeit der Schläuche untersucht und die auftretende Dehnung ermittelt. Zur Verkürzung der Musterprüfung und besseren Nachahmung der Betriebsverhältnisse wird angestrebt, gleichzeitig mit der Durchflußprüfung die Schüttelprüfung und die später angeführte Biegefestigkeitserprobung durchzuführen.

Zum Abschluß der Prüfung werden die Schlauchleitungen einer Zugfestigkeitsprüfung unterzogen.

Für die Schüttelprüfungen können die von der DVL entwickelten Vorrichtungen benutzt werden, und zwar das unter II. 1. a angeführte Gerät bzw. eine besonders für die Schlauchprüfung entwickelte Schüttelvorrichtung. Bei dieser (s. Abb. 6) befindet sich auf dem exzentrisch gedrehten Wellenstumpf der 2fach gelagerten Antriebswelle eine Exzenterhülse mit einem Rollengelager und dem Gehäuse mit 4 Anschlüssen für die Prüflinge. Durch Verdrehen der beiden Exzenter gegeneinander kann die Schwingungsweite zwischen 0 und 4 mm stufenlos eingestellt werden. Der Antrieb erfolgt durch einen zwischen 1000 und 3000 min^{-1} regelbaren Gleichstrommotor.

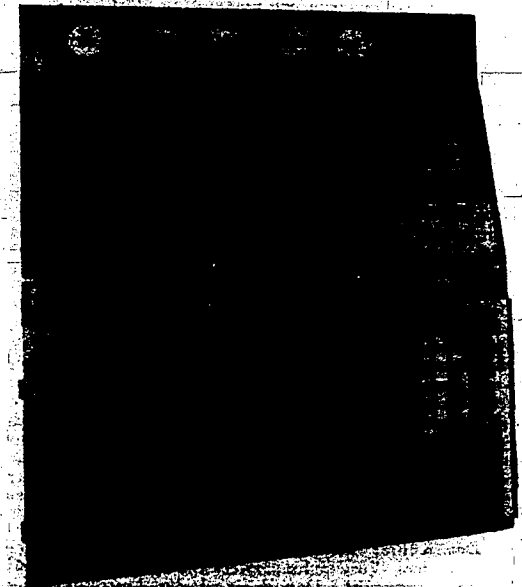


Abb. 7 DVL-Durchflußprüfstand für Schmierstoffschläuche (Türen herausgenommen)

Durchflußprüfstand

Ein Durchflußprüfstand für Schmierstoffschläuche ist aus Abb. 7 ersichtlich. Dieser Prüfstand ist im Zentralprüflaboratorium der DVL entwickelt worden. Aus dem rechten unteren Sammelbehälter, der mit Heizschlängen, einstellbarem Temperaturfühler (150°C) und einem Schwimmer mit einem Quecksilberkippschalter zur Stromabschaltung bei einem bestimmten Flüssigkeitsstand ausgerüstet ist, wird der Schmierstoff über einen Filter von einer Zahnradschlepppumpe angesaugt und beim Aufheizen der Flüssigkeit im Kurzlauf zum Behälter zurückbefördert. Beim Prüflauf wird dann der erwärmte Schmierstoff durch die Hauptleitung mit den eingebauten Prüfschläuchen gepumpt. Kurz vor und hinter der Prüfstrecke ist je eine Druck- und eine Temperaturmeßstelle eingebaut. Die Durchflußmenge wird mit Hilfe eines Siemens-Lamelscheiben-Durchflußanzeigers in 1 h abgelesen. Menge und Druck sind durch Ventile einstellbar. Zur Sicherung der Leitung gegen Überdruck ist ein Sicherheitsventil, das bei 15 kg/cm^2 anspricht, eingebaut. Die Prüfstrecke ist sichtbar und befindet sich, wie aus Abb. 7 ersichtlich, in einem allseitig umschlossenen Raum. Der untere Teil dieses Raumes ist als Sammelbecken ausgebildet und unter Zwischenschaltung eines Hahnes mit dem unteren Behälter verbunden.

Die Zugfestigkeitsprüfung der Schläuche wird am besten mit den bei Werkstoffuntersuchungen gebräuchlichen Zerreißmaschinen durchgeführt.

Weitere Schlauchprüfungen

Zum Nachweis der Biegefähigkeit wird neben der Nachprüfung der kleinsten Biegehalbmesser der Prüfling mehrmals bis zum kleinsten Biegehalbmesser gebogen; Knickung, Veränderung des freien Querschnittes oder schädliche Schichtenverlagerungen dürfen hierbei nicht auftreten. Der Schlauch soll auch bei Kalte noch biegsam sein, bzw. darf nicht durch Schwingungen oder Biegungen verletzt werden. Diese Gefahr besteht besonders bei Preßschläuchen (Fahrwerk). Mit diesen oder ähnlich beanspruchten Schläuchen ist die Durchführung einer Dauerbiegeprüfung erforderlich. Diese Dauerprüfung kann durch einen entsprechend langsam angetriebenen Exzenter mit Gestänge bzw. Seilzug mit Gewicht oder Feder durchgeführt werden.

Die Schlauchleitungen müssen im Betrieb einer Zugbeanspruchung standhalten, die durch den elastisch aufgehängten Motor, Schwingungen im Flügel sowie bei Einbau- und Anbauarbeiten auftreten kann. Der Zugfestigkeitsnachweis wird mit den Schläuchen derjenigen Nennweiten, die nicht schon bei der obigen zusammengesetzten Schlauchprüfung einer Zuglast ausgesetzt worden sind, durchgeführt. Hierbei wird der Prüfling einer Zuglast von $100\text{ kg/cm}^2\text{ i.W.}$, jedoch höchstens 150 kg , ausgesetzt. Ferner wird die Zerreißfestigkeit der Schläuche bzw. der Ausreißfestigkeit der Anschlüsse ermittelt. Die beiden Prüfungen werden, wie bereits oben geschildert, auf den üblichen Zerreißmaschinen durchgeführt.

Der Durchflußwiderstand kann bei Schlauchleitungen, z. B. bei den bekannten Wackelschläuchen und Spiralen, erheblich höher sein als bei glatten Rohrleitungen. Es ist aber wichtig, daß die Reibungsverluste in den Leitungen möglichst gering sind. Der Durchflußwiderstand eines 1 m langen Schlauches im gestreckten und gekrümmten Zustand ist daher bei verschiedenen Durchflußmengen zu bestimmen.

Schlauchbrandprüfung

Es ist unbedingt erforderlich, daß die Schlauchleitung eine gewisse Brandbeständigkeit aufweist. Dies gilt besonders für die im Motorraum vor dem Brandschott eingebauten Schläuche. Der Schlauchwerkstoff selbst soll schwer entflammbar sein. Die Schlauchmuster wer-

den daher einer Brandprüfung unterzogen. Sie werden hierbei mit einem Schmierstoff-Petroleumgemisch gefüllt und bei einem Innendruck (1 bis 5 kg/cm^2) einer Stichflamme von etwa 900°C ausgesetzt. Die Muster müssen der Stichflamme eine bestimmte Zeit lang (1 bis 5 min) standhalten.

Der für die Brandprüfung verwendete Prüfstand ist aus Abb. 8 zu sehen. Der Prüfstand ist hinten offen; das Verhalten des Prüflings bei der Brandprobe kann durch die Scheibe aus Sicherheitsglas gut beobachtet werden. Durch die linke Handpumpe wird der gewünschte Leitungsdruck erzeugt. Der Druck wird von dem Manometer, das sich auf der linken Seite befindet, angezeigt.

Beständigkeitsnachweis und Alterungsprüfung biegsamer Schläuche

Zum Schluß sei noch erwähnt, daß die Schlauchaußenwand gegen Leckstoffe (Schmierstoff, Kraftstoff) und gegen Witterungseinflüsse möglichst unempfindlich sein soll. Die Schläuche werden bei der Musterprüfung daher mehrmals in gewissen Zeitabständen in Leckstoffe getaucht bzw. während einer längeren Zeit im Freien gelagert. Ferner werden die Schläuche künstlich gealtert; hierbei werden sie während einer längeren Dauer (100 bis 200 h) in sauerstoffreicher Warmluft gelagert.

Scheuerschutz bei Schläuchen

Da die Außenwand der Schläuche nicht genügend abriebfest ist, werden die Schläuche an den gefährdeten Stellen mit Kunstleder, imprägnierter Leinwand oder einem aus anderen Werkstoffen bestehenden Scheuerschutz bekleidet. Bei Erprobung eines Scheuerschutzes wird der bekleidete Schlauch, der einerseits an einem Kurbeltrieb befestigt ist und andererseits durch ein Gewicht gestreckt wird, über eine erhöhte Gullkante hin- und hergezogen, bis die Verkleidung zerstört ist. Die erreichte Hubzahl gibt im Vergleich mit dem Prüfergebnis des z. Z. verwendeten Schlauchschutzes den Wert für die Abriebfestigkeit des neuen Musters. Ferner muß der Schlauch-Scheuerschutz eine ausreichende Beständigkeit gegen Leckstoffe aufweisen. Um den Betriebsbedingungen möglichst nahezukommen, ist es ratsam, den Scheuerschutz vor der Prüfung auf Abriebfestigkeit mit den Leckstoffen zu benetzen; ferner ist die Abriebfestigkeit der Naht des Scheuerschutzes zu untersuchen.

6 Prüfungen von Triebwerksarmaturen**a) Filter**

Die Filter dienen zur Reinigung des Schmierstoffes und des Kraftstoffes. Das Kraftstoff-Filter muß außer den Schmutzteilen, wie Sand und Metallspäne, noch Wasser (Kondenswasser des Kraftstoffbehalters) abscheiden, d. h. die Durchtrittsgeschwindigkeit des Kraftstoffes in der Filterglocke muß so gering sein, daß das spezifisch schwerere Wasser nicht mitgerissen wird, sondern in der Filterglocke herabsinkt und sich dort unten sammelt. Die Kraftstoff-Filter sind meist in einer Sammelarmatur, der Filter-Brandhahn-Armatur, eingebaut, die vielfach noch mit einer Handpumpe vereinigt ist.

Neben den allgemeinen Prüfbedingungen der Triebwerksgeräte (vgl. II, 1)) muß das Filter folgenden Ansprüchen gerecht werden:

- geringer Durchflußwiderstand,
- gutes Reinigungsvermögen,
- Wasserabscheidevermögen,
- leichte Säuberungsmöglichkeit.

Für den Filterkörper selbst, der aus Metalldrahtsieben, Metallringen (Spaltfilter) oder anderen Teilen bestehen kann, sind folgende Werte zu ermitteln:

1. Reinigungsvermögen, d. h. Feststellung der Größe des theoretisch gerade noch von der Reinigungsvorrichtung zurückgehaltenen Schmutzteiles.

96.1/2

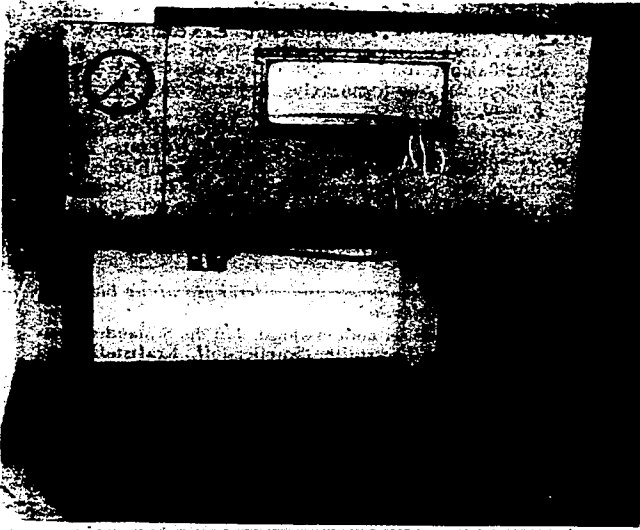


Abb. 8 Schlauch-Brandprüfstand

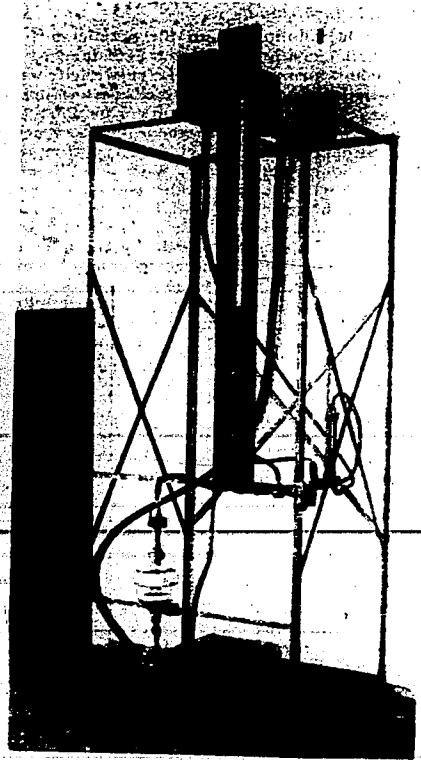


Abb. 9 Prüflingsaufbau zur Messung der Durchflußwiderstände sowie des Schmutz- und Wasserabscheidevermögens bei Kraftstoff-Filtern

2. $\frac{\text{Freier Querschnitt des Filterkörpers}}{\text{Gesamtoberfläche des Filterkörpers}} = \frac{1}{x}$

Hierbei ist x der jeweilig errechnete Wert, wenn der freie Querschnitt gleich 1 gesetzt wird.

3. $\frac{\text{Querschnitt der Nennweite}}{\text{Freier Querschnitt des Filterkörpers}} = \frac{1}{y}$

y ist hierbei der jeweilig errechnete Wert, wenn der NW-Querschnitt = 1 gesetzt wird.

a) Durchflußwiderstand

Der Durchflußwiderstand der Filter wird bei den verschiedenen Durchflußmengen ermittelt, bei Schmierstoff ferner noch in Abhängigkeit von der Temperatur. Die Prüfung wird bei einem statischen Druck, der etwa $0,2 \text{ kg/cm}^2$ betragen soll, durchgeführt. Bei niedrigen Schmierstofftemperaturen muß jedoch der Druck erhöht werden, um eine genügende Menge durch den Reiniger schicken zu können.

Die Versuchsanlage zur Messung des Durchflußwiderstandes eines Kraftstofffilters ist aus dem Lichtbild 9 ersichtlich. Aus dem unteren Behälter wird Kraftstoff in den oberen gepumpt. Dieser Behälter hat einen Überlauf, der den zuviel geförderten Kraftstoff in den unteren Behälter zurückleitet. Die zweite Ableitung führt über einen Durchflußmesser zum Prüfling. Hinter dem Filter ist ein Drosselventil zur Einstellung der verschiedenen Durchflußmengen angeordnet. Zur genaueren Durchflußmengenmessung ist ferner ein Stichprober eingeschaltet. Vom Stichprober wird der Kraftstoff in den ersten Behälter zurückgeleitet. Vor und hinter dem Prüfling ist eine Druckmeßstelle eingebaut. Die Meßstellen sind zur Ermittlung der Durchflußwiderstände mit entsprechend langen Glasrohren verbunden.

β) Reinigungs- und Wasserabscheidevermögen

Bei verschiedenen Durchflußmengen werden bestimmte Mengen Schmutzteilechen, wie Sand, Stahl- und Leichtmetallfeilspäne bzw. verschiedene Mengen Wasser zugesetzt. Die vom Filter abgeschiedenen Mengen werden gewichts- und volumemäßig bestimmt. Zur Kontrolle wird die durch den Prüfling gelaufene Flüssigkeit über ein großes Feinfilter geleitet. Die hier abgesetzten Mengen werden wie oben gemessen. Vor und nach den einzelnen Läufen wird die Durchflußmenge und der Durchflußwiderstand ermittelt. Eine unzulässige Erhöhung der Durchflußwiderstände durch Zusetzung des freien Querschnittes ist nicht statthaft. Durch Verringerung der Durchflußgeschwindigkeit in der Glocke und durch die Gestaltung des Filterkörpers sollen sich nach Möglichkeit alle Schmutz- und Wasser-teilechen unten in der Filterglocke abscheiden.

γ) Säuberung

Filterglocke und Filterkörper müssen sich zur Reinigung mit wenigen Handgriffen, ohne Werkzeuge, leicht ausbauen lassen. Bei Schmierstoff-Filtern mit einer Schmutzabstreifvorrichtung, die während des Betriebes betätigt werden soll, muß die Wirksamkeit dieser Vorrichtung durch mehrere Versuche erwiesen werden.

δ) Allgemeine Prüfungen

Das Filter ist auf seine Dichtigkeit zu untersuchen. Hierbei ist besonders darauf zu achten, daß auch nach mehrmaligem Abnehmen der Filterglocke das Gerät einwandfrei dicht hält. Da die Kraftstofffilter meist auf der Saugseite angeordnet sind, wird bei Undichtigkeiten durch Luftzutritt die Kraftstoffversorgung des Motors gestört.

Ferner werden die Filter besonders in bezug auf die Sicherung der Schrauben und Müttern gegen selbständiges Lösen, sowie auf die Sicherung des Abflähnes gegen selbsttätiges Öffnen, einer Schüttelprüfung unterzogen.

b) Behälterarmaturen

Die Leitungsanschlüsse, Einfüllöffnungen, Belüftungsventile, sowie Anschlüsse für Inhaltsmelleinrichtungen und für andere Sondergeräte sind bei Betriebsstoffbehältern meist in einer oder zwei Sammelarmaturen, Haupt- und Nebenbehälterkopf, vereinigt. Außerdem können bei Behältern Schnellabflähventile angeordnet sein. Die Prüfvorschriften für die einzelnen Geräte richten sich nach dem jeweiligen Verwendungszweck.

a) Behälterköpfe

Bei der Prüfung von Behälterköpfen sind neben den allgemeinen Feststellungen folgende Untersuchungen anzustellen:

1. Dichtigkeit der Flansche und Leitungen.
2. Nachweis der Schwingungsfestigkeit.
3. Feststellung der Durchflußwiderstände. Die Messung ist hauptsächlich bei den Füllleitungen durchzuführen.
4. Ermittlung des Öffnungsdruckes der Druckausgleichventile.
5. Nachweis der Korrosionsbeständigkeit.

Die Ansetzung weiterer Prüfungen ist von der Konstruktion des jeweiligen Musters abhängig.

b) Prüfung sonstiger Behälterarmaturen

Art und Umfang der Prüfung hängt von dem Verwendungszweck des jeweiligen Gerätes ab. Neben der Prüfung auf einwandfreies Arbeiten und ausreichender Betriebssicherheit (Dauerlauf, Schüttelprüfung; vgl. 6c) ist das Verhalten der Geräte gegenüber den verschiedenen Kraft- und Schmierstoffen in Abhängigkeit von den im Betrieb vorkommenden Höchsttemperaturen zu prüfen (Korrosionsbeständigkeitsnachweis). Bei der Prüfung des Öffnungsdruckes ist bei Ventilen (besonders bei Belüftungsventilen), deren Einbaulage zu berücksichtigen. Ein Kleben des Ventiltellers bei Verwendung einer Weichdichtung oder ein Verreisen durch nicht ablaufendes Kondenswasser darf nicht eintreten. Die Prüfung ist daher bei entsprechenden Temperaturen durchzuführen; das Gerät befindet sich hierbei in Einbaulage.

c) Ventile und Hähne

In der Luftfahrt finden für das Triebwerk Ventile und Hähne in der mannigfaltigsten Ausführung Verwendung. Es sind vielfach Sonderkonstruktionen, die z. T. nur für ein Flugzeugmuster benötigt werden. Aus Gründen der Gewichtsparsnis und einfacheren Bedienung werden oft mehrere Ventile und Hähne zu einer Sammelarmatur vereinigt, z. B. Ventilbatterie zum Schalten von Kraftstoffleitungen. Bei dem Entwurf der Armaturen ist besonders auf die günstige Ausbildung der Durchflußkanäle zu achten.

Die Musterprüfung von Ventilen und Hähnen erstreckt sich auf:

1. Dichtigkeitsnachweis gegen Über- und Unterdruck.
2. Schüttelprüfung.
3. Durchflußprüfung.
4. Ermittlung der Durchflußwiderstände.
5. Ermittlung der Schaltmomente, verbunden mit einer Dauerschaltprüfung.
6. Brandbeständigkeitsnachweis (in Sonderfällen).
7. Nachweis der Korrosionsbeständigkeit.
8. Lagerungs- und Altersprüfung der Dichtungen.

Für die Prüfungen anzusetzende Flüssigkeiten, Drücke und Temperaturen richten sich jeweils nach dem Verwendungszweck der Armaturen, wie auch das Prüf-

programm durch Änderung, Verkürzung oder Erweiterung den voraussichtlichen Betriebsbedingungen des Prüflings Rechnung tragen muß.

d) Preßluftarmaturen

Die einzelnen Geräte der Preßluftanlaß-Vorrichtung, wie z. B. Hauptanlaßventil, Steuerventil und Sicherheitsventil, werden zuerst jedes für sich geprüft. Sie werden einer Dichtigkeitsprobe und einer Schüttelprüfung ausgesetzt. Der Prüfdruck bei der Dichtigkeitsprobe beträgt etwa 150 vH des Betriebsdruckes. Danach wird die Betriebssicherheit der Geräte durch Dauererprobungen festgestellt sowie die erforderlichen Betätigungskräfte ermittelt. Ferner wird bei dem Sicherheitsventil der Öffnungsdruck gemessen und seine Verstellbarkeit geprüft. Soll die Anlage auch in Wasserflugzeuge eingebaut werden, müssen die Geräte durch Lagerung in einem Salzwassersprühnebel ihre Seewasserbeständigkeit erweisen.

Zum Abschluß der Prüfung wird die Arbeitsweise der zusammengesetzten Anlage bei Betriebsdruck durch mehrmalige Betätigung untersucht.

e) Rohrverschraubungen

Rohrverschraubungen müssen leicht sein, sich einfach verlegen lassen, dithalten, keine Querschnittsverengungen herbeiführen, gegen Aufdrehen gesichert sein und nach vielmaligem Zusammenschrauben und Lösen noch betriebsfähig bleiben. Auf die üblichen, in den RLM-Normen festgelegten Rohrverschraubungen, die aus Dichtkegel, Überwurfmutter und Schraubstutzen bestehen und durch Lötung oder Schweißung an die Rohrleitungen angeschlossen werden, näher einzugehen, erübrigt sich. Neben diesen bekannten Verschraubungen sind lötlöse entwickelt worden, die z. T. sich schon mit Hilfe von Bordwerkzeugen, Schraubenschlüsseln, verlegen lassen. Bei einigen Ausführungen sind zur Abdichtung elastische Zwischenstücke angewendet, die ein selbsttätiges Lösen verhindern und die Übertragungen von Schwingungen vermindern sollen.

Musterprüfung

Die Rohrverschraubungen werden hierbei in kurze Leichtmetall- oder Stahlrohrleitungen eingebaut und entsprechend dem Verwendungszweck einem Innendruck (Über- oder Unterdruck) ausgesetzt. Danach werden die Verschraubungen bei einem Innendruck, der etwa dem betreffenden Betriebsdruck entspricht, einer Schüttelprüfung unterzogen und anschließend einer Durchflußerprobung mit den in Frage kommenden Flüssigkeiten, Drücken und Temperaturen ausgesetzt. Nach den einzelnen Prüfungen wird die Dichtigkeitsprobe wiederholt. Die Prüflinge müssen einwandfrei dithalten und unbeschädigt bleiben.

Ferner sind die für den Zusammenbau erforderlichen Kräfte sowie die Kräfte, die eine Zerstörung der Verschraubung herbeiführen als Momente in cmkg zu messen. Schließlich ist die Betriebssicherheit nach vielmaligem Zusammenbau und Lösen zu untersuchen. Hierbei müssen die an der Verschraubung auftretenden etwaigen Veränderungen festgelegt werden.

Durch Einlagerung in hierfür in Betracht kommende Flüssigkeiten soll die Korrosionsbeständigkeit der zusammengebauten Rohrverschraubung nachgewiesen werden. Die Prüfung wird mit Leichtmetall- und Stahlleitungen durchgeführt. Bei Verwendung von Nichtmetallen, z. B. synthetischem Gummi, sind diese Werkstoffe auch noch für sich auf Betriebsstoff- und Altersbeständigkeit zu prüfen. Zerstörung, übermäßige Quellung oder Schrumpfung sind hierbei unzulässig.

7. Prüfung von Bedienanlagen

Zur Betätigung von verschiedenen, vom Führerstand mehr oder weniger entfernten Geräten (z. B. Bedienung

von Vergasern, Drosselklappen, Schaltventilen, Regelklappen) werden Bedienanlagen benötigt. Die Anlagen arbeiten meist mechanisch; hydraulisch oder elektrisch betriebene Bedienanlagen befinden sich noch in Entwicklung. Die hydraulischen Bedienanlagen haben den Nachteil, daß durch Volumenänderung der Füllung bei Temperaturschwankungen oder Undichtigkeiten eine Verstellung der Bedienhebel oder Geräte eintreten kann. Bei elektrisch betriebenen Bedienanlagen ist eine hohe Betriebssicherheit nicht gegeben, da leicht ein Versagen der Anlage durch Stromstörungen erfolgen kann.

Eine gute Verlegbarkeit, geringe Reibungskräfte, möglichst spielfreie Kraftübertragung, Temperaturempfindlichkeit und hohe Betriebssicherheit kennzeichnen eine gute Bedienanlage.

Musterprüfung

Durch einen Dauerlauf mit verschiedenen Belastungen wird die Betriebssicherheit des Gerätes geprüft und der Verwendungsbereich der Anlage festgelegt. Ferner werden bei verschiedenen Belastungen das Spiel und die am Bedienhebel erforderlichen Betätigungskräfte ermittelt. Die Prüfung wird bei verschiedenen Temperaturen (Kälte und Wärme) durchgeführt. Danach wird die Bedienanlage einer 100stündigen Schüttelprüfung ausgesetzt.

Bei hydraulischen Bedienanlagen ist außerdem eine Dichtigkeitsprobe durchzuführen, sowie ein Anzeigevergleich zwischen Geber und Empfänger bei verschiedenen Lasten und Temperaturen anzustellen. Es wird hierbei auf die im Flugbetrieb möglichen Temperaturunterschiede zwischen Geber im Führerraum und dem z. B. dicht am Motor befindlichen Empfänger hingewiesen.

Je nach Bauart der Anlage sind weitere Untersuchungen anzusetzen, wie Ventilprüfungen, Lagerung von Dichtungswerkstoffen usw.

8. Prüfung von Brandschottwänden

Das Brandschott wird entsprechend seinen Betriebsanforderungen folgenden Untersuchungen bei der Musterprüfung unterworfen:

a) Zweckmäßiger Aufbau; Rüttelfestigkeit

Das Gewicht des Brandschotts, das für 1 m² angegeben wird, muß entsprechend gering sein. Auf der Motorraumseite dürfen Leckstoffe nicht in das Brandschott eindringen können, da sonst die Brandsicherheit herabgesetzt wird. Die Festigkeit der verwendeten Werkstoffe wird, falls sie nicht allgemein bekannt ist, wie z. B. bei Verwendung von Metallblechen, durch eine Zerreißprüfung ermittelt.

Das Brandschott muß ferner rüttelfest sein, d. h. durch eine Schüttelprüfung, die etwa 50 Hz und 2 mm Schwingungsweite während einer Dauer von 50 bis 100 h durchzuführen wäre, darf die Festigkeit und Gasundurchlässigkeit des Musters nicht herabgesetzt werden.

b) Gasundurchlässigkeitsnachweis

Liegen auf Grund der Bauart des Brandschotts Bedenken gegenüber der Gasundurchlässigkeit vor, z. B. bei Geweben (im Gegensatz zu Metallblechen), so muß vor und nach der Brandprüfung die Dichtigkeit des Musters gegenüber Gasen geprüft werden.

c) Brandbeständigkeitsnachweis

Bei Ausbruch eines Brandes im Motorraum, z. B. Vergaserbrand, muß das Brandschott die anschließenden Räume gegen die Flammeneinwirkung schützen, d. h. die Wärmeleitfähigkeit des Brandschotts muß möglichst

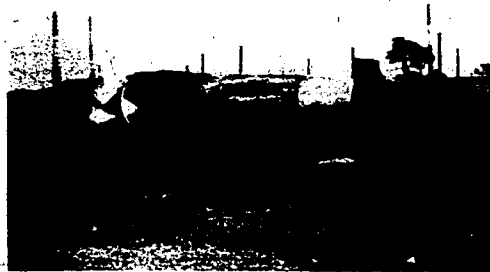


Abb. 10 Brandprüfstand für Brandschottmuster

gering sein und die feuerabgekehrte Seite des Brandschotts muß als schlechter Wärmestrahler ausgebildet sein. Dem Flugzeugführer muß nach Entdeckung des Brandes genügend Zeit zur Verfügung stehen, eine Notlandung, falls eine Löschung des Brandes während des Fluges nicht möglich ist, durchführen zu können.

Die Prüfung ist entsprechend den in BVF, Heft Triebwerk, aufgeführten Bedingungen durchzuführen.

d) Versuchsaufbau bei der Brandprüfung

Bei dem aus Lichtbild 10 ersichtlichen Brandprüfstand werden die Brandschottmuster zwischen zwei Blechtrommeln eingespannt. Dicht vor der Einspannstelle des Brandschotts ist unter der vorderen Trommel, die mit mehreren Windschlitzen versehen ist, ein Behälter zur Aufnahme von Brennstoff (Brandherd) angeordnet. Zur Nachahmung der Betriebsverhältnisse, Zugluft im Motorraum und zur Erreichung der geforderten Höchsttemperaturen, ist ein Gebläse mit Führungsrohr vorgesehen, das für eine erhöhte Luftzufuhr sorgt. Zur Messung der Temperaturen werden jeweils mehrere Thermoelemente (Nickel-Nickel-Chrom) dicht vor dem Brandschott und auf der feuerabgekehrten Seite in 100 und 200 mm Abstand vom Schott angeordnet.

Zusammenfassung

Die Geräte und Bauteile der Triebwerksanlagen müssen, bevor sie für den (Reihen-)Einbau freigegeben werden, durch Stand- und Flugproben auf ihre Luftdichtigkeit untersucht werden. Art und Umfang dieser Prüfungen richten sich nach den Betriebsverhältnissen des Gerätes bzw. Bauteils. Um jedoch ihre Sicherheit ermitteln zu können und den Verwendungsbereich festzulegen, sind für die Musterprüfung vielfach höhere Drücke, Temperaturen, Drehzahlen oder Kräfte, als für den normalen Flugbetrieb gerechnet werden können, zugrunde zu legen, sowie eine Reihe zusätzlicher Erprobungen, wie Dauer-, Alterungs-, Festigkeits- oder Korrosionsprüfungen anzusetzen.

Das Prüfverfahren muß möglichst genau im Programm festgelegt und nachher im Prüfbericht kurz beschrieben werden, so daß sich die Prüfungen einwandfrei wiederholen lassen. Ferner ist die genaue Festlegung und Durchführung des Prüfverfahrens bei parallel durchgeführten Prüfungen für den Vergleich der Ergebnisse wichtig.

Die Prüfvorschriften können nicht starr festgelegt werden, sondern müssen sich stets der Entwicklung der Luftfahrzeuge anpassen und auch den im Flugbetrieb gesammelten Erfahrungen Rechnung tragen. Hand in Hand hiermit muß aber auch die Entwicklung der Prüfgeräte und -stände erfolgen.

Abgeschlossen am 15. Mai 1940