

**F. Bendemann: Die Versuchsanlage für
den Wettbewerb um den Kaiserpreis für den
besten deutschen Flugzeugmotor. =====**

Ueberreicht von der
Deutschen Versuchsanstalt für Luftfahrt.

ISBN 978-3-662-23922-3 ISBN 978-3-662-26034-0 (eBook)
DOI 10.1007/978-3-662-26034-0

Die Versuchsanlage für den Wettbewerb um den Kaiserpreis für den besten deutschen Flugzeugmotor.

Erster Bericht der Deutschen Versuchsanstalt für Luftfahrt von Dr.-Ing. F. Bendemann.

An seinem diesjährigen Geburtstage stiftete unser Kaiser aus seiner Schatzkammer einen am nächsten Kaisergeburtstage zu verleihenden Preis von 50 000 *M* für den »besten deutschen Flugzeugmotor«. Der vom Reichsamt des Innern in vorgeschriebener Weise gebildete Wettbewerb-Ausschuß gab am 7. Mai zugleich mit den Wettbewerbsbestimmungen noch weitere große Preisstiftungen von verschiedenen Behörden des Reiches und des preussischen Staates bekannt. Danach stehen im ganzen 125 000 *M* an Preisen auf dem Spiele.

Gleichzeitig wurden darin auch das Preisgericht und die Prüfstelle bestimmt. Das Preisgericht besteht aus 7 unabhängigen Sachverständigen, die (mit einer Ausnahme) dem Wettbewerb-Ausschuß nicht angehört und bei Aufstellung der Bestimmungen gar nicht mitgewirkt haben, nämlich aus den Hochschulprofessoren Baumann (Stuttgart), Bonte (Karlsruhe), Josse (Charlottenburg), Lynen (München), Riedler (Charlottenburg) und Wagener (Danzig) unter Vorsitz des Wirkl. Geh. Oberbaurats Dr.-Ing. Veith, Abteilungschefs im Reichsmarineamt.

Zur Prüfstelle wurde die Deutsche Versuchsanstalt für Luftfahrt zu Adlershof bestimmt.

Die hiermit zum ersten Male öffentlich genannte Anstalt¹⁾ war erst kurz vorher (18. April) als Verein ins Leben gerufen worden. Ihr fiel nun sogleich eine sehr schöne, aber höchst verantwortliche und technisch schwierige Aufgabe zu. Am 28. Juni fand die erste Mitgliederversammlung statt, in welcher der Berichterstatter mit der technischen Leitung der Anstalt beauftragt wurde.

Zu Anfang Juli liefen die Anmeldungen zum Wettbewerb ein, und nun ließ sich erst übersehen, wie ausgedehnte Vorbereitungen zu treffen waren. Der Kaiserliche Weckruf und die Höhe der Geldpreise hatten den Zweck erreicht, die einschlägige Industrie Deutschlands in überraschendem Umfange auf den Plan zu rufen. Von 26 Bewerbern wurden nicht weniger als 44 verschiedene Motorarten gemeldet, dazu noch 24 Ersatzmotoren (die bei unverschuldeten Schäden für den ersten der Bauart eintreten dürfen). Drei Bewerber mit je einem Motor schieden nachträglich aus, weil die Zulassungsbedingungen nicht erfüllt waren. Sonach stehen 65 Motoren im Wettbewerb.

Man hat befürchtet, daß bei so rascher Durchführung des Wettbewerbes in dem einen Jahre die Vorbereitungszeit für die Industrie zu kurz sei, um neue Konstruktionen zu schaffen, wie sie der Wettbewerb anregen sollte; die Preise würden den schon vorhandenen Konstruktionen in den Schoß geworfen. Nach der Bewerberliste und nach den schon vorliegenden Anmeldezeichnungen erscheint diese Befürchtung

unbegründet. Eine Reihe völlig neuer Konstruktionen soll zur Prüfung kommen, die teils von den schon in dem Fache bewährten Firmen, teils auch von Neulingen herrühren.

Mehr ist zu befürchten, daß die Zeit für die Prüfung nicht ausreichen wird. Bestimmungsgemäß sind erst bis zum 25. Oktober die Motoren einzuliefern. Bis zum 15. Januar müssen die Ergebnisse dem Preisgericht fertig vorliegen. Also bleiben für die Versuche kaum 10 Wochen, welche noch dazu die Weihnachtzeit einschließen. In dieser Zeit bis zu 65 Motoren in einer den Bestimmungen entsprechenden Weise gründlich durchzuprüfen, erforderte außerordentliche Maßnahmen.

Die schleunigst zu schaffende Prüfanlage mußte nicht nur ungewöhnlich umfangreich, sondern infolge gewisser Sonderbestimmungen auch recht verwickelt ausfallen. Dabei stellten sich auch konstruktiv recht schwierige Aufgaben heraus. Mangels brauchbarer Vorbilder mußte für die hauptsächlichste Meßvorrichtung, den Pendelrahmen zur Leistungsmessung, erst die geeignete, für alle verschiedenen Motor-gattungen anwendbare Bauart gefunden und völlig neu durchgearbeitet werden. Auch sonst ergab sich eine Menge konstruktiver Schwierigkeiten, und jeder Versuchsleiter weiß, wie leicht bei neuen Meßeinrichtungen zuerst irgend etwas mißrät und langwierige Verbesserungen erfordert. Dafür blieb nur ein kleiner, engebogener Zeitraum. Bei aller dankenswerten Anteilnahme der Preisgerichtmitglieder blieb doch die überwiegende Verantwortung bei der Prüfstelle. Noch ist es nicht sicher, daß alles gelungen ist. Die wichtigsten Teile sind aber schon erprobt und haben ihre Schuldigkeit getan, und bei dem öffentlichen Interesse der Veranstaltung erscheint es angezeigt, schon jetzt, bei Beginn der eigentlichen Versuche, dem weiteren Kreise der Beteiligten einen Ueberblick über die Technik der Durchführung zu geben.

Unvorhergesehene Hindernisse können sich auch bei der Aufstellung und Vorbereitung der einzelnen Motoren auf den Prüfständen ergeben. Bestimmungsgemäß liegt diese Arbeit den Bewerbern selbst ob und muß in je 3 Tagen beendet sein. Die nötigen Einzelheiten der Prüfstände sind ihnen genau bekannt gegeben. Aber wenn es nun doch in Kleinigkeiten fehlt, die Zeit kosten! Man möchte Härten vermeiden, die vielleicht gute Motoren aus nebensächlichen Gründen von der Teilnahme ausschließen. Die Wettbewerbsbestimmungen erlauben es der Prüfstelle, ausnahmsweise Nachfristen zu gewähren. Da werden heikle Konflikte kaum ausbleiben. Gern möchte man im einzelnen billige Rücksichten walten lassen; doch ist im ganzen die vorgeschriebene Zeit unbedingt innezuhalten!

Diese Schwierigkeiten waren vorausgesehen. Aber es lag schon im kaiserlichen Erlasse, daß ungewöhnliche Anstrengungen gemacht und eine gewisse schneidige Wucht eingesetzt

¹⁾ s. a. Z. 1912 S. 1477.

werden sollte, um »den besten deutschen Flugmotor« zu krönen und so der Flugtechnik in ihrem springendsten Punkte einen nachhaltigen Anstoß zu geben. Da ist es vielleicht gerade sachgemäß, wenn nicht nur die eigentliche, technische Güte des Motors, sondern etwas auch die organisatorische Leistungsfähigkeit, Fingigkeit und Schnelligkeit der ausführenden Fabrik mit bewertet wird. Den Motor schnell und sicher den jeweils gegebenen Bedingungen anpassen und rasch in guten Gang bringen zu können, ist in der Tat oft wichtiger als einzelne kleine Vorteile in Kraftleistung oder Gewicht.

Jedenfalls ist, wenn es gelingt, die gesteckte Frist innezuhalten und in so kurzer Zeit ein klares Bild von den Leistungen und den Haupteigenschaften der besten, neuesten deutschen Bauarten zu erhalten, der weiteren Entwicklung viel mehr gedient, als wenn sich der Wettbewerb über Jahr und Tag hinzöge. Die Technik der Luftfahrt eilt mit stürmischen Schritten voran. Wir haben gegen das Ausland mancherlei nachzuholen, ganz besonders am Flugzeugmotor. Da gilt es im besten Sinne: Doppelt gibt, wer schnell gibt. Mit kleinen Mitteln, mit einer ängstlich und allzu wissenschaftlich arbeitenden Prüfung ist der Zweck nicht zu erreichen. Die Ausführung der Messungen muß wissenschaftlichen Anforderungen streng genügen, aber die Prüfung muß sich großzügig auf die Kernpunkte beschränken. Fragen von geringerer praktischer Bedeutung müssen einstweilen zurückgestellt werden.

In diesem Sinne hat schon der Wettbewerbausschuß in den Prüfbestimmungen einige Punkte ausgeschaltet, die zwar nicht belanglos, aber doch nicht von erster Bedeutung und überdies zu verwickelt sind, um sie mit einem Schlage erledigen zu können. Hierzu werden einige Erläuterungen am Platze sein.

Die Hauptpunkte des Prüfverfahrens nach den Wettbewerbestimmungen.

Die Bestimmungen, die im wesentlichen nach dem Entwurf des Berichterstatters angenommen wurden, machen in erster Linie die Betriebssicherheit zum Angelpunkt der Beurteilung indem sie neben Prüfung in Schräglagen und unter sonstigen Erschwerungen, wie sie im Fluge vorkommen, vor allem eine 7stündige Dauerprobe vorschreiben, die ohne Unterbrechung und ohne wesentlichen Abfall in Drehzahl und in der Leistung überstanden werden muß. Auch darf sie nur ein einziges Mal wiederholt begonnen werden, wenn Störungen vorkommen.

Nächstdem, als zahlenmäßig schärfer erfaßbarer Bewertungsmaßstab, dient das Einheitsgewicht des Motors für 7 Stunden d. h. das vollständige Gewicht mit dem Betriebsmittelvorrat für diese Zeit, bezogen auf die mittlere, an die Schraube abgegebene Bremsleistung in PS.

Diese einfache Festsetzung ist insofern nicht ganz selbstverständlich, als es viel für sich hätte, sogleich auf die praktische Anwendung einzugehen und statt der Bremsleistung die gelieferte Triebkraft zu bewerten, auf die es schließlich ankommt, also die zugehörige Luftschaube mit dem Motor als technische Einheit zu prüfen.

Aber dieser sehr einleuchtende Vorschlag mußte verworfen werden, schon weil dadurch ein ganz gesonderter Industriezweig mit in den Wettbewerb gezogen worden wäre. Der Luftschaubenbau hat ja seine eigentümliche Technik schon recht gut entwickelt, und seine Schwierigkeiten liegen fast nur noch auf dem Gebiete der aerodynamischen Berechnung, was mit dem Motorenbau garnichts zu tun hat. Luftschaube und Motor, so eng sie praktisch zusammengehören, bilden doch keine industrielle Einheit. Der Flugzeugbauer bestellt beides stets von verschiedenen Fabriken. Es widerspräche also der in dem kaiserlichen Erlasse klar gegebenen und durch die heutige Sachlage wohl begründeten Bestimmung des Kaiserpreises: Dem Motor als solchem, der noch so verbesserungsbedürftigen Kraftquelle des Flugzeuges, soll die kaiserliche Spende dienen. Der beste deutsche Flugzeugmotor könnte aber völlig entwertet werden, wenn er zufällig mit einer schlechten oder nicht zu ihm passenden Schraube verbunden wäre. Uebrigens würde die einfache

Bewertung nach dem Schraubenzug durchaus nicht ohne weiteres auf klare, dem praktischen Gebrauch entsprechende Verhältnisse führen. Bekanntlich kann man bei gleichbleibender Motorleistung durch Anwendung recht großer flachgängiger Schrauben hoch gesteigerte Zugkraft erzielen. Praktisch ist man darin stets durch bauliche Rücksichten begrenzt. Im Flugzeug kann man Schrauben von so großem Durchmesser nicht unterbringen. Ohne solche Bindung würden den Motoren beim Wettbewerb unfehlbar übertriebene große, praktisch garnicht anwendbare Schrauben beigegeben werden. Man müßte künstliche Grenzen vorschreiben, die sich nicht ohne Willkür ziehen lassen. Ueberhaupt würde dadurch die Frage des besten Motors mit der heiklen Aufgabe der Schraubenberechnung in einer Weise verquickt, die wunderlichen Zufüllen Tür und Tor öffnen und klare Schlußfolgerungen aus den Prüfergebnissen unmöglich machen müßte.

Der richtige Weg war also zweifellos der in den Wettbewerbestimmungen vorgeschriebene: Die Bewertung nach der abgegebenen, für die Luftschaube verfügbaren Nutzleistung des Motors.

Dabei entsteht allerdings eine gewisse grundsätzliche Schwierigkeit: Es kann eigentümliche Fälle geben, wo sich die nutzbar an die Schraube abgegebene Motorleistung gar nicht ganz scharf bestimmen läßt. Bei den Umlaufmotoren wird nämlich die Luftschaube häufig unmittelbar mit dem Motorgehäuse verbunden, und es sind sogar Konstruktionen denkbar, bei denen Motor und Schraube so eng verwachsen sind, daß man überhaupt nicht mehr sagen kann, wo der Motor aufhört und die Schraube anfängt. Nun verzehren diese Motoren notwendig einen gewissen, nach heutigen Schätzungen gar nicht unbedeutlichen Teil ihrer Leistung durch den eigenen Luftwiderstand der Zylinder bei der raschen Umdrehung. Dieser Anteil wird natürlich von der ursprünglichen, inneren Motorleistung abzusetzen sein (Ventilationsverlust). Insoweit die Teile des Motors aber die Schraubennabe bilden, ist der Drehwiderstand der nutzbaren Motorleistung zuzurechnen. Demnach gibt es unter Umständen gar keine scharfe Trennung.

Aber so schwierige Fälle kommen praktisch einstweilen gar nicht vor, und auch in Zukunft werden Motor und Schraube schwerlich so ganz eng miteinander verschmelzen. Der Motor besteht aus Stahl, die Schraube aus Holz, und zwar ist sie mit ihrer Nabe in einem festen Stöck gearbeitet, so daß man sie ohne weiteres von dem Motor lösen und für beide, Motor und Schraube für sich, den Luftwiderstand der Drehung bestimmen kann. Natürlich muß das bei gleichzeitiger Drehung geschehen und ohne ihre gegenseitige räumliche Lage wesentlich zu ändern. Das läßt sich aber durchführen, und damit ist die Schwierigkeit vollständig behoben.

Ein andres Bedenken hängt hiermit nahe zusammen: Die zur Zylinderkühlung nötige Arbeit, der Kühlverlust, steckt bei den Umlaufmotoren teilweise schon in dem Ventilationsverlust und wird also zugleich mit diesem von der Bremsleistung abgesetzt. Man könnte sagen, daß das gerechterweise auch bei den Standmotoren geschehen müßte, wo der Kühlverlust aber in ganz anderer Weise zum Ausdruck kommt, nämlich untrennbar verquickt mit dem Stirnwiderstand des ganzen Flugzeuges.

Dabei übersieht man, daß dieser Verlust sich bei den wassergekühlten Motoren sehr weit herabdrücken und grundsätzlich sogar völlig vermeiden läßt. Denn diese Motoren kann man ganz im Innern des Flugzeugumpfes unterbringen, ohne dessen Form wesentlich zu verschlechtern; und ihren Kühler kann man ganz in die ohnehin vorhandenen Oberflächen des Flugzeuges einschmiegen. So kommt man praktisch schon jetzt der völligen Vermeidung des Kühlverlustes ziemlich nahe. Jedenfalls liegt das ziemlich weit in der Hand des Flugzeugbauers, und somit handelt es sich hier durchaus nicht um eine dem Motor eigene, fest bestimmbare Verlustgröße. Uebrigens verursachen auch die Umlaufmotoren neben ihrem Drehwiderstand noch einen zusätzlichen Stirnwiderstand, der jedenfalls nicht kleiner ist, als er bei den wassergekühlten zu sein braucht. Demnach ist es berechtigt,

die Stirnwiderstände ganz zu vernachlässigen und nur den Drehwiderstand der Umlaufmotoren als einen diesen eigentümlichen, unvermeidbaren Verlust von ihrer Nutzleistung abzusetzen.

Weiter sehen die Wettbewerbsbestimmungen sogar davon ab, die wassergekühlten Motoren überhaupt mit dem eigenen Kühler zu prüfen. Die Versuchsanlage hat sie mit Kühlwasser zu versorgen. Man kann das unbillig finden; denn mit dem Kühler wird eine wichtige, diesen Motoren eigentümliche Störungsquelle ausgeschaltet, deren Vermeidung ein besonderer Vorzug der luftgekühlten Motoren ist. Diese erscheinen dadurch etwas benachteiligt. Auch hier lagen aber sehr triftige Gründe vor: Der Kühler ist durchaus nicht so eng mit dem Motor verwachsen, wie etwa Vergaser und Zündung. Seine Bauart ist ganz unabhängig von der des Motors. Dieser verlangt nur eine bestimmte Kühlfähigkeit. Bauart und äußere Form des Kühlers stehen ganz im Belieben des Flugzeugbauers, der sie zu der Bauart des Flugzeuges passend bestimmt. Er bezieht den Kühler auch in der Regel nicht mit dem Motor, sondern von besonderen Fabriken. Der Erbauer des Motors hat darauf keinen Einfluß und ist in der Praxis für Mängel des Kühlers meistens gar nicht verantwortlich. Auch der Kühler gehört also nicht zu der industriellen Einheit des Flugzeugmotors. Andererseits konnte man angesichts der praktischen Entwicklung, wonach die Kühler der Körperform des Flugzeuges eng angeschmiegt werden, wunderliche, breitausgedehnte Kühlerformen auch beim Wettbewerb schlechterdings nicht verbieten. Man hätte also die Bewerber nicht hindern können, sie vielmehr geradezu verleitet, besondere Wettbewerbkonstruktionen zu schaffen, ohne Rücksicht auf den Gebrauch im Flugzeug. (Beim Motor an sich besteht keine solche Schwierigkeit, weil er in seinem Aufbau durch das Flugzeug kaum irgendwie beeinflußt wird.) Uebrigens hätte bei Einbeziehung des Kühlers gerade auch der an sich beste Motor durch Mängel des zufällig beigegebenen Kühlers vollständig entwertet werden können. Das liefe dem Zwecke des Wettbewerbes entschieden zuwider. Es steht ja fest, daß sich gleichartig leichte und betriebssichere Kühler zu jedem Motor herstellen lassen.

Der Zweck wird durch gänzliche Ausschaltung der Kühler besser erreicht. Natürlich muß das Kühlergewicht dem Motor angerechnet werden. Es ist in den Bestimmungen auf Grund reichlicher Erfahrungen an bewährten Kühlerarten zu 0,23 kg für je 1000 Wärmeinheiten stündlicher Wärmeabfuhr festgesetzt. Wasserinhalt und Rohrverbindungen sind darin mit berücksichtigt. Die Temperatur des dem Motor zuffließenden Kühlwassers ist einheitlich, nämlich entsprechend der Leistungsfähigkeit gebräuchlicher Kühler, auf 70° C vorgeschrieben. Demnach muß der stündliche Wasserfluß durch den Motor und die Temperaturerhöhung des Wassers gemessen werden.

Weiter enthalten die Wettbewerbsbestimmungen noch eine Reihe besonderer Forderungen, welche für die Gestaltung der Prüfanlage maßgebend waren und zum Teil recht unständige Vorkehrungen nötig machten.

Die Arbeit des Motors ist bei den Versuchen durch die eigene Luftschaube aufzunehmen. Das bequeme Verfahren der elektrischen Leistungsmessung scheidet also aus und mit gutem Grunde: denn in Gestalt des Ankers einer Dynamomaschine kuppelt man den Motor mit einer verhältnismäßig großen Schwungmasse und verhilft ihm so vielleicht zu einem viel ruhigeren und sicherem Gange, als er, nur auf eine leichte Luftschaube arbeitend, haben würde. Die Einschaltung eines Drehkraftmessers zwischen Motor und Schraube kommt natürlich erst recht nicht in Frage. Vielmehr ist das Verfahren des Pendelrahmens vorgeschrieben, das darauf beruht, daß der Motor auf seine Unterstützung ein Drehmoment ausübt, welches dem auf die umgebende Luft wirkenden als dessen Rückwirkung vollkommen gleich sein muß. Man kann es auf einfache Weise an einem ruhenden Hebelwerk abwägen.

Diese Wägung ergibt aber zunächst den gesamten Luftwiderstand der umlaufenden Teile, also einschließlich des Ventilationswiderstandes. Um diesen abzusenken, bedarf es, wie bemerkt, noch einer selbständigen Antriebsmaschine

für die Schraube. Deshalb sehen die Bestimmungen vor, daß die Arbeitsaufnahme der Schraube mittels einer als Motor laufenden Bremsdynamo nachgeprüft werden kann.

Ferner ist der Motor in Schräglagen zu prüfen, wie sie beim Steigen und Niedergehen des Flugzeuges entstehen: um 10° aufwärts und um 15° abwärts. Dadurch können Vergasung und Schmierung gestört werden. Der Motor muß außerdem, besonders beim Niedergehen im Gleitflug, auch stark gedrosselt, langsam laufen und dann schnell wieder in vollen Gang gebracht werden können. Andererseits soll die Regelbarkeit des Motors auch bis zur zulässigen Höchstgrenze der Drehzahl untersucht werden.

Um die luftgekühlten Motoren keinesfalls zu benachteiligen, ist ferner die Anwendung eines zusätzlichen Luftstromes vorgeschrieben, welcher den von der eigenen Schraube erzeugten Luftzug noch steigert, so daß eine Strömung von mindestens 20 m/sk in der Umgebung des Motors entsteht. So ist dem etwaigen Einwand, daß die Kühlluft der Luft bei der Prüfung derjenigen des freien Fluges nicht gleich käme, der Boden entzogen. Freilich bedingt diese Vorschrift die Anwendung noch einer weiteren, von dem zu prüfenden Motor unabhängigen Kraftmaschine. Wir haben einen Kontroll-Elektromotor (Bremsdynamo) zur Nachprüfung der Schraubenleistung und einen Hilfs-Elektromotor zum Antrieb des Zusatzgebläses.

In den erwähnten Punkten enthalten die Bestimmungen verschiedene Kompromisse, die gewiß nicht in jeder Hinsicht voll befriedigen können. Versuche auf festem Prüfstand können eben die Verhältnisse des freien Fluges niemals ganz nachahmen, so wenig wie beim Motorwagen die Verhältnisse der wirklichen Fahrt. Der Flugzeugmotor und seine Kühllvorrichtung stehen mit der Schraube und dem ganzen Flugzeug in so vielfacher Wechselwirkung, daß man ihn in letzter Linie überhaupt nicht unabhängig von einem bestimmten Flugzeug prüfen und bewerten kann, wenn man alle Kompromisse scheut. Ein heikler Punkt liegt neben dem Luftwiderstand besonders auch in dem Einfluß der Erschütterungen und Schwingungen auf die Motor- und Schraubenleistung, sowie auf die Betriebsicherheit insbesondere der Wasserkühler. Es liegt auf der Hand, daß man diesen Einfluß auf keiner Prüfeinrichtung nachahmen kann, da er ganz von dem Aufbau des einzelnen Flugzeuges abhängt.

Auf einem fahrbaren Prüfstand könnte man wenigstens die Luftwiderstandsverhältnisse besser dem freien Fluge gemäß herstellen als auf dem festen. Aber bei den großen in Betracht kommenden Geschwindigkeiten erfordert das weitläufige und kostspielige Einrichtungen, die vor der Hand nicht zur Verfügung stehen. Sie würden sich auch für Dauerprüfungen von Motoren auf Zuverlässigkeit wenig eignen.

Der naheliegende Gedanke, dafür eine große Rundlaufvorrichtung anzuwenden, wobei der Motor mit der Schraube und dem mehr oder weniger vollständigen Flugzeug am Ende eines langen Armes im Kreise herumfährt, war nach vielen Erfahrungen zu verwerfen. Es hat sich immer wieder gezeigt, daß man die geradlinige Bewegung durch die Luft auch nicht annähernd richtig durch Kreisbewegung um eine feste Mitte ersetzen kann. Wer sich näher mit der experimentellen Aerodynamik befaßt hat, weiß, daß ihre Geschichte geradezu eine Kette von fehlgeschlagenen Rundlaufversuchen ist. Immer wieder haben sich tüchtige Forscher und namhafte Ingenieure über die großen Fehler dieses Verfahrens getäuscht und viele vergebliche Kosten und Mühe damit vertan. Den Grund sieht man leicht ein, wenn man sich einmal den entsprechenden Vorgang im Wasser vorstellt. Man könnte das Verfahren ja ebenso gut auch für Versuche über Schiffswiderstände, Triebsschraubenwirkung usw. anwenden, statt der bekannten kostspieligen Modell-Schleppkanäle. Aber im Schiffbau denkt man gar nicht an das Rundlaufverfahren. Denn jedermann kennt die Strudelschlepple, die ein Dampfschiff kilometerweit hinter sich herzieht, und das legt die Anschauung von den Vorgängen nahe, die entstehen müssen, wenn ein Versuchskörper um eine feststehende Achse kreist. Der Körper fährt beständig in seinem eigenen Kielwasser oder gar in dem kreisenden Strudel, den der Dreharm erzeugt. Im

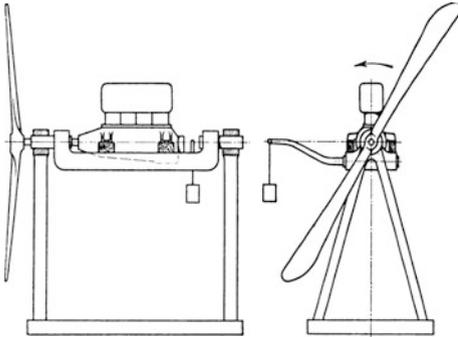
Wasser könnte man diesen noch vermeiden, indem man den Arm über den Spiegel legt. In der Luft kann man nicht einmal das. Deshalb nützt es auch nichts, den Kreis im Verhältnis zu den Versuchskörpern recht groß zu machen. Mit der Länge wächst auch der luftverdrängende Umriss des Armes gewaltig. Aber in der Luft sieht man nichts von den Vorgängen, und nur so erklärt es sich, warum man hier so oft denselben Fehlgriß gemacht hat.

Die Versuchsanlage.

Für die wichtigste Meßvorrichtung, den zur Messung der Drehmomente vorgeschriebenen Pendelrahmen, fehlte es, wie erwähnt, an geeigneten Vorbildern. Von den ver-

Fig. 1 und 2.

Pendelrahmen mit gleichachsiger gelagerter Schraubenwelle.



schiedenen bekannten Arten hätte in erster Linie die in Fig. 1 und 2 schematisch dargestellte Anordnung in Betracht kommen können, die vorzüglich durchgebildet in den Werken des Zeppelin-Luftschiffbau, Friedrichshafen, zur Prüfung der Maybach-Motoren benutzt wird.

Sie kennzeichnet sich dadurch, daß die kraftabgebende Motorwelle durch den hohlen Lagerzapfen des Pendelrahmens hindurchgeht; Motorwelle und Pendelrahmenlagerung liegen nämlich in gleicher Achse. Das ist die klarste und allgemein richtige Anordnung. Aber die Motorwelle muß eine genügende freie Länge haben, und das ist bei den Flugzeugmotoren in der Regel nicht der Fall. Vielmehr rückt man die fliegend auf der Welle sitzende Luftschaube natürlich immer möglichst nahe an das Wellenlager heran. Man müßte die Motorwelle also eigens für die Prüfung verlängern, und das bedeutet einen erheblichen Eingriff in die Konstruktion. Es entsteht die Gefahr von Drehschwingungen und Wellenbrüchen, zu deren Vermeidung der Motorerzeuger nicht mit Unrecht den Einbau eines sonst nicht nötigen Schwungrades verlangen kann. Vermutlich wäre dann auch noch ein Außenlager nötig, und so wird das anzurechnende Eigengewicht des Motors unsicher.

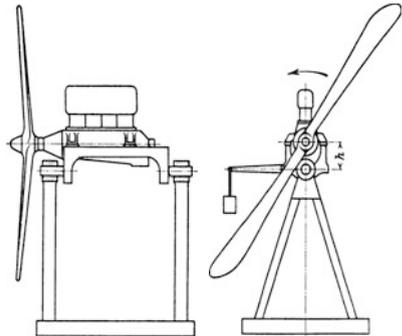
Das mußte unbedingt vermieden und die Einrichtung mußte so getroffen werden, daß man die Motoren ohne jede Änderung genau so mit ihrer Schraube auf den Prüfstand setzen konnte, wie sie ins Flugzeug eingebaut werden. Um das zu ermöglichen, hilft man sich vielfach mit der Anordnung Fig. 3 und 4, wobei der Motor so hoch über den Pendellagern liegt, daß die Schraubenwelle frei darüber hinweggeht. Aber dadurch kann die Messung unter Umständen fehlerhaft werden, wenn nämlich, wie es leicht sein kann, die Schraubenflügel im oberen und unteren Teil ihres Umganges nicht den gleichen Luftwiderstand finden. Dann wirkt eine zusätzliche Kraft, welche die Messung fälscht, mit dem Hebelarm *h* auf den Pendelrahmen. Der Einfluß dieser Fehlerquelle ist praktisch schwer festzustellen. Deshalb ist auch diese Anordnung unbefriedigend, obgleich

sie mehrfach im Gebrauch ist, u. a. auch im Laboratorium des Automobilclubs von Frankreich, wo sie bei verschiedenen Flugzeugmotor-Wettbewerben benutzt wurde.

Die Lösung fand sich durch grundsätzliches Beibehalten der gleichachsigen Anordnung, wie bei Fig. 1; doch wurde die Pendellagerung durch eine Aufhängung ersetzt, welche die Umgebung der Drehachse vollständig frei läßt und dem Pendelrahmen doch keine andre Bewegung als die Drehung um die Achse gestattet, Fig. 5 und 6. Der den Motor aufnehmende Rahmen hängt mittels zweier Stangenpaare gelenkig an zwei hoch darüber liegenden, unter sich fest verbundenen gleicharmigen Hebeln, wovon der vordere (der Schraube zunächst liegende) als Wage ausgebildet ist. Auf

Fig. 3 und 4.

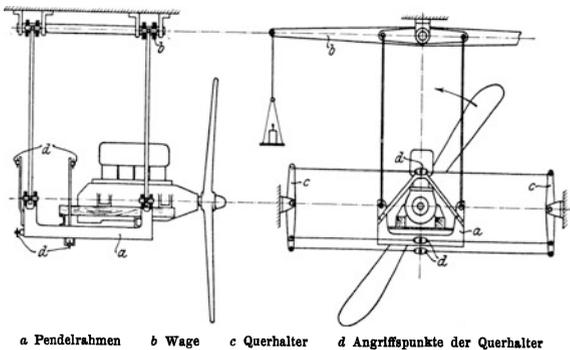
Pendelrahmen mit außerschüssig gelagerter Schraubenwelle.



den Rahmen wirkende Drehkräfte übertragen sich, wenn die Mitte des Rahmens festgehalten wird, auf die Wage. Die Aufhängung läßt außer der Drehung aber zunächst noch seitliche Pendelausschläge zu, wobei sich die Mitte des Rahmens auf einem Kreisbogen um das obere Lager bewegt. Diese Seitenbewegungen werden durch Querhalter verhindert, d. i. durch seitlich gelagerte doppelarmige Hebel und Zugverbindungen, welche ebenso wie der Wagebalken mit den Hängestangen die Rahmenmitte auf einem Kreis-

Fig. 5 und 6.

Pendelrahmen mit gleichachsiger, aber freigelegter Lagerung der Schraubenwelle.



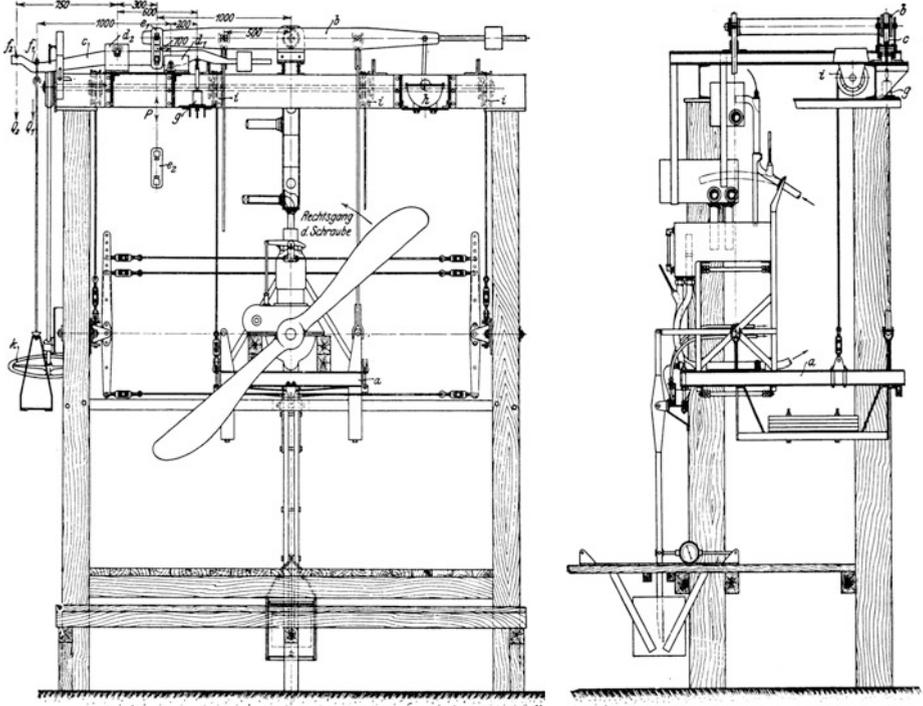
bogen festhalten, der den ersteren schneidet. Somit bleibt dem Rahmen nur die Drehung um seine Achse frei. Die Querhalter sind in verschiedenen Querebenen zur Motorachse und je paarweise ausgeführt, der Symmetrie wegen und vor allem, um nur mit Zugverbindungen durch den vom Schraubenstrahl betrichenen Raum hindurch auszukommen. Nahe dem vorderen Rahmenende, wo der Motor steht, lassen sich Angriffstellen für die Querhalter schwer finden; um sicher zu gehen, sind dafür hinten in einigem axialen Abstände

2 Paare vorgesehen, so daß die Rahmenachse gegen seitliches Abweichen festgehalten ist. Da die Kräfte der Schraube ohnehin einem seitlichen Ausschwingen entgegenwirken, so wäre wahrscheinlich schon ein einziges Querhalterpaar hinten genügend¹⁾. Zu aller Sicherheit sind aber sogar vorn noch Hebel vorgesehen, von denen aus man von Fall zu Fall, je nach der Bauart des Motors, auch hier noch einen Querhalter herstellen kann. Die Querhalter haben, wie leicht ersichtlich, stets nur geringe Kräfte aufzunehmen. Deshalb kann die Reibung in ihren Gelenken nicht viel ausmachen. Uebrigens ist bei den starken Erschütterungen im Betrieb von Reibungseinflüssen überhaupt nicht viel zu befürchten.

gen an den auf dem Rahmen befindlichen Aufbau angeschlossen.

Der Bügel bleibt also wagrecht, auch wenn man den Rahmen um die hintere Aufhängung auf- oder abwärts schwenken läßt. Das geschieht nämlich, um den Motor in die verlangten Schrägstellungen zu bringen. Man entfernt dazu das vordere Hängestangenpaar und hängt den Rahmen, vorn an Seilen auf, die von 2 oben liegenden Rollen *i* herabkommen. Die Rollen sitzen auf einer oben quer durchgehenden Welle; man kann sie mittels Schneckentriebes durch das Handrad *k*, Fig. 7, drehen und so den Rahmen auf- und abschwenken, sogar während der Motor läuft. Dieser etwas kühne Versuch ist mit einem 120pferdigen

Fig. 7 und 8. Eingebauter Pendelrahmen mit Einzelheiten.
Maßstab 1 : 37,5.



- | | | | | | | | |
|----------------|---------------------------------|-------------------------------|-----------------------------------|------------------------------|-------------------------------------|---------------|--|
| a Pendelrahmen | d ₁ Lagerbock für c | } für rechtsgängige Schrauben | d ₂ Lagerbock für c | } für linksgängige Schrauben | g Meßdose | h Oeldämpfung | |
| b Wagebalken | e ₁ Pfannen-Zugstück | | e ₂ Pfannen-Druckstück | | i Seiltrommeln zur Schrägstellwinde | | |
| c Hilfshebel | f ₁ Schalenschnelde | | f ₂ Schalenschnelde | | k Handrad zu dieser | | |

Rechtsgängige Schrauben	Linksgängige Schrauben
$P = Q_1 \frac{1000}{100} = 10 Q_1$	$P = Q_2 \frac{750}{300} = 2,5 Q_2$
$P = p f \frac{200}{100} = 2 p f$	$P = p f \frac{600}{800} = 2 p f$

Bei Meßdose Nr.	1	2	3
mit Querschnitt von	10	5	2,5 qcm
Ist <i>P</i> kg bzw. <i>M</i> mkg = . . .	20 <i>p</i>	10 <i>p</i>	5 <i>p</i>

P und *Q* in kg; *p* in kg/qcm.
P wirkt am Hebelarm *f* von 1 m, also *M* mkg = *P* kg.

Die Gelenke der Hängestangen sind als Kreuzgelenke ausgebildet, Fig. 7 und 8, so daß der Rahmen auch in axialer Richtung Freiheit hat und man die Schubkraft der Schraube, oder wenn diese unabhängig angetrieben wird, den Luftwiderstand des Motors beobachten kann. Dazu dient der senkrechte Hebel in Fig. 8 links, der unten in ein Dämpfgefäß taucht, über dem Fußboden mit einem Zugmesser und oben in Richtung der Pendelachse durch Kugelgelenk mit einem Bügel verbunden ist; dieser ist durch zwei wagerechte Drehzapfen in der Verbindungslinie der hinteren Aufhängun-

Motor in vollem Gange anstandslos gelungen. Die Querhalter müssen die Schwenkbewegung natürlich mitmachen. Deshalb sind ihre Lager an Trägern befestigt, die sich ihrerseits um Zapfen in der Schwenkachse drehen können und vorn ebenso wie der Pendelrahmen an Seilen und Rollen hängen.

Die Anordnung der Drehkraftwaage ist aus Fig. 7 ersichtlich. Um nicht zu große Gewichte bewegen zu müssen, ferner um bei rechts- und linksläufigen Motoren von derselben Seite des Prüfstandes her beobachten zu können, schließlich um die Wägung in beiden Fällen durch eine und dieselbe Druckmeßdose selbsttätig aufzeichnen zu lassen, ist

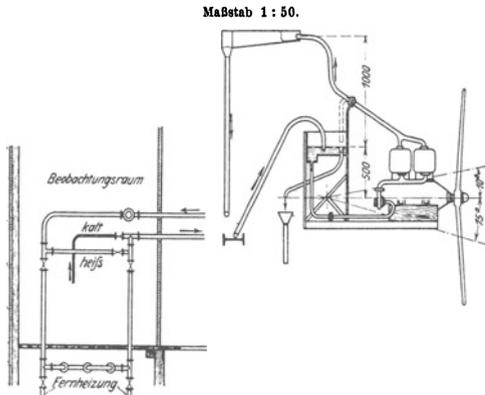
¹⁾ Das hat sich bei den Vorversuchen sofort bestätigt.

noch ein Zwischenhebel angeordnet. Durch einfaches Umsetzen seiner Drehpunktplatten und durch Umtauschen seines Druck- und Zugehänges bewirkt man, daß die Kräfte an ihm stets im gleichen Sinne und in bezug auf die Meßdose auch stets im gleichen Verhältnis wirken. Die Gewichtschale wird beim Umwechseln etwas weiter nach außen gehängt; der Maßstab ändert sich dabei um das Vierfache, so daß Irrtümer ausgeschlossen sind. Die Wage ruht auf kräftigen eisernen Trägern, die quer über starke, fest im Boden verankerte Holzpfosten gelegt sind.

Als Anschlag zur Begrenzung der Rahmendrehtungen und zugleich als Lagerbett für die Benzin- und Oelzuleitungen und dergl. dient ein hinter dem Rahmen quer an den Pfosten befestigter I-Träger. Einstellbare Muttern auf kräftigen, am Rahmen befestigten Bolzen geben ihm beliebige Bewegungsfreiheit. Zum Einbau des Motors und zu den Vorversuchen wird an den vorderen Pfosten ein ähnlicher Träger befestigt und der Rahmen auch vorn festgelegt.

Der Aufbau des Pendelrahmens trägt ein Blechgefäß mit Wasserstandszeiger, aus dem das Kühlwasser der Pumpe des Motors zufließt. Bestimmungsgemäß ist der Spiegel darin $\frac{1}{2}$ m über Wellenmitte zu halten. Durch das eine der beiden von oben eintauchenden Rohre wird ihm das Wasser stets im Überschuß zugeführt; ein von unten hineinragendes Ueberlaufrohr entfernt den Überschuß. Das mit Thermometer versehene Rohr führt zum Motor¹⁾

Fig. 9 und 10. Kühlwasserkreislauf.



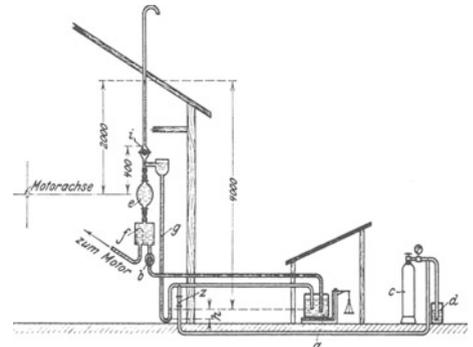
Weiter oben sieht man 2 Gefäße, die nicht auf dem Pendelrahmen, sondern an dem festen Gerüst befestigt sind. In eines von ihnen ergießt sich das vom Motor kommende erwärmte Kühlwasser. Die Ausgußrohre ragen frei beweglich hinein. Da sie in der Ebene der Pendelachse liegen, hat der Rückdruck des Strahles keinen Einfluß auf die Drehkraftmessung. Das oberste Gefäß dient für die Dauerversuche mit vollem Betrieb; dabei ist die Ueberwindung einer Druckhöhe von 1 m vorgeschrieben. Bei stark verminderter Drehzahl können die kleinen Kreiselpumpen manchmal diese Druckhöhe nicht mehr überwinden. Deshalb ist noch das mittlere Gefäß vorhanden. An Stelle des nach oben gehenden wird dann das stichprobentüchtige Ausgußrohr angesetzt. Dieses Gefäß ist so lang, daß es auch die vorgeschriebenen Schrägstellungen des Pendelrahmens zuläßt. Das Wasser kann daraus unmittelbar in das Ansauggefäß abgelassen oder auch, wie aus dem oberen, durch ein quer zum Pendelrahmen seitwärts austretendes Rohr in den Kühlwasserkreislauf, Fig. 9 und 10, abgeleitet werden.

¹⁾ Beim Wettbewerb wird dieses Gefäß nicht benutzt, um jede Möglichkeit auszuschließen, daß der Wassereinfluß einmal nicht schnell genug folgen und die Motorkühlung gefährdet werden könnte. Dafür ist ein größeres, seitlich fest aufgestelltes Gefäß vorgesehen, und das Wasser geht zum Motor durch ein in der Pendelachse liegendes Schlauchstück. Die oberen Ausgußgefäße haben nach den Vorversuchen eine längere Form bekommen, weil das Wasser etwas herausspritzte.

Das oben ausfließende Wasser läuft durch ein Fallrohr nach dem seitlich belegenen Beobachtungsraum, in dem möglichst alle Meßgeräte angeordnet sind. Hier strömt es durch einen Wassermesser und dann entweder durch ein unter diesem Raum verlegtes Rippenrohr, oder unmittelbar nach dem Ansaugbehälter zurück, wobei ihm in einem T-Stück beständig etwas frisches, kaltes Wasser zugesetzt wird. Durch Regeln der Ventile in den mit »heiß« und »kalt« bezeichneten Leitungen kann man die vorgeschriebene Temperatur von 70° in dem Ansaugbehälter leicht herstellen und aufrecht erhalten. Zugleich wird die Abwärme zur Heizung des Beobachterraumes ausgenutzt, die man im Hinblick auf die vielstündigen Dauerversuche in den kältesten Wintermonaten unbedingt versehen mußte. Die Heizkörper können andererseits auch von einer Fernheizanlage her mit heißem Wasser versorgt werden, wenn ein luftgekühlter Motor läuft oder kein Motor im Gange ist. Von da aus wird auch schon vor Versuchsbeginn das Ansauggefäß mit heißem Wasser gefüllt, so daß man den Beharrungszustand schnell erreicht.

Um Feuersgefahr von den hölzernen Versuchschuppen fern zu halten, ist der Benzinvorrat, aus dem der Motor gespeist wird, draußen auf freiem Felde gelagert. Die Fässer, deren Inhalt für einen ganzen Dauerversuch ausreicht (rd. 400 kg), stehen etwas überdacht auf Brückenwagen mitten zwischen den Schuppen, Fig. 11; ein elektrisches Signal zeigt

Fig. 11. Benzinmeßvorrichtung.



a Benzinbehälter auf Brücken-
b Benzinzuflußrohr (wage
c Stickstoffleitung mit Druck-
minderventil
d Quecksilber-Stoßventil
e Stichprobengefäß
f Filtergefäß
g Steigrohr
h Sperrhöhe
i Lüftkahn
k Abzweigstelle

Die Gefäße und Leitungen sind der Deutlichkeit halber stark vergrößert.

im Beobachtungsraum an, wann die Wage einspielt. Die Gewichte sind in je 500 g geteilt. Man nimmt nach jedem Einspielen ein Stück fort und erhält so die Zeitabschnitte für je 5 kg, die ein 100pferdiger Motor in etwa 10 min verbraucht.

Das Benzin wird dem Vergaser durch ein Filtergefäß mit einem nach Wunsch einstellbaren Gefälle bis zu 2 m zugeführt. Dazu muß es um rd. 4 m gehoben werden, da der Motor etwa 2 m über dem Boden steht. Deshalb stehen die Benzinflasche mit einer Stickstoffleitung in Verbindung, die aus einer Flasche durch ein selbsttätiges, einstellbares Druckminderventil gespeist wird und durch ein Quecksilberstandglas gegen unzulässige Drucksteigerung geschützt ist.

Damit man die Benzinzufuhr im Beobachterraum unmittelbar vor Augen hat und auch ganz kurze Stichproben machen kann, ist über dem Filtergefäß noch ein Glaskolben e von 1 ltr Inhalt angebracht, der oben durch einen Hahn und ein gläsernes Standrohr mit der Außenluft verbunden werden kann. Der unterhalb des Hahnes einmündende Nebenanschluß von der Stickstoffleitung her bildet ein erweitertes Steigrohr, das mit Benzin gefüllt bleibt, worin aber das Gas emporsteigen kann, wenn es die Flüssigkeit um die unten gebildete kleine Sperrhöhe herabgedrückt hat.

Das tritt ein, wenn der Hahn in der Hauptleitung und auch der obere Lufthahn geschlossen ist, während der Motor läuft. Das Gas scheidet sich dann in der oberen Erweiterung des Steigrohres ab, und in dem Glaskolben wird bald der sinkende Benzinspiegel sichtbar, dessen Durchgang durch die oben und unten vorhandenen Marken man beobachtet. Danach öffnet man den Hahn in der Hauptleitung wieder; das Benzin steigt dann wieder in dem Stichprobengefäß empor bis zum Spiegelausgleich mit dem Steigrohr, und wenn man noch den Lufthahn oben öffnet, so entweicht das Gas, und das Benzin kann bis zu seinem freien Spiegel aufsteigen, den man also ständig beobachten kann.

Das Schmieröl fließt dem Motor oder seiner Pumpe aus einem seitlich auf einer Wage über dem Beobachterraum stehenden Behälter zu. Die Gewichtschale dieser Wage

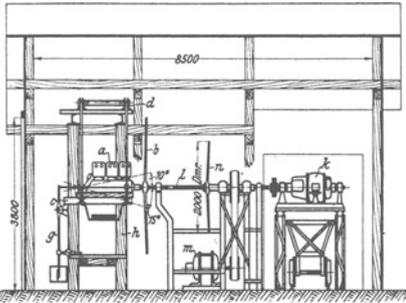
ermessert und zwei selbstschreibende Quecksilber-Fernthermometer für Zufluß- und Abflußtemperatur bestimmt; Glaskolben zum Nachprüfen befinden sich unmittelbar an den Meßstellen.

Schließlich sind einfache Federwagen zum Abwiegen der Axialschübe an Pendelrahmen vorhanden: eine stärkere für den Schraubendruck, eine schwache zur Bestimmung des Luftwiderstandes des Motors ohne Schraube.

Weiter gehören zu der Anlage infolge der besprochenen Bedingungen noch 2 selbständige Antriebsmaschinen, die eine zur Bestimmung des Drehwiderstandes der Schraube allein, ohne Verbindung mit dem zu prüfenden Motor. Es ist dies eine Bremsdynamo mit drehbar gelagertem Magnetgestell, die als Motor läuft und das wirksame Drehmoment ganz ebenso wie der Pendelrahmen an einer ruhenden Wägevor-

Fig. 12 bis 14. Versuchsschuppen mit Motor-Prüfanlage.

Maßstab rd. 1 : 135.



- | | |
|------------------------------|--------------------------------------|
| a zu prüfender Flugzeugmotor | i Verschlebungswand |
| b dessen Luftschraube | (nur im Grundriß eingetragen) |
| c Pendelrahmen | k Kontroll-Elektromotor |
| d Wägevorrichtung zu diesem | l dessen Welle |
| e Dämpfung der Wage | m Hilfslektromotor |
| f Querhalter | n von diesem durch Riemen getriebene |
| g Schub-Meßvorrichtung | Hilfs-Luftschraube (Zusatzgebläse) |
| h isoliertes Gestell | auf Hohlwelle |

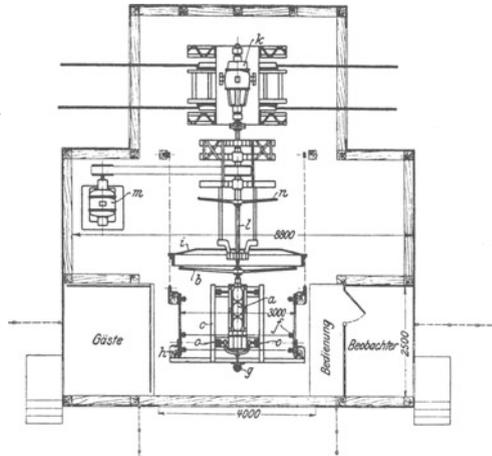
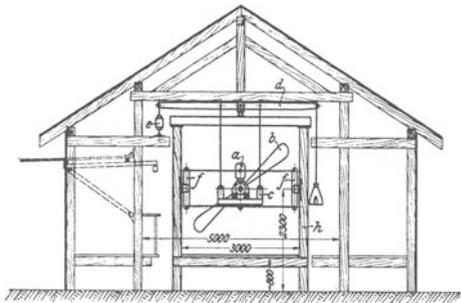
hängt in den Beobachterraum hinein neben dem Tisch des Schriftführers.

Zum eigentlichen Prüfstand gehört noch eine Meßdose (geschliffener Kolben in Druckzylinder), verbunden mit selbstaufzeichnendem Manometer, wodurch die Drehmomente selbsttätig ausgewogen werden. Die Leitung kann durch Hähne jederzeit entleert oder gefüllt werden. Durch Entleeren kann man die Meßdose augenblicklich ausschalten, so daß die Gewichtschale benutzbar ist, mit der man die manometrische Wägung nachprüft. Dann kann man wieder Drucköl in die Meßdose einlassen und das Aufzeichnen fortsetzen.

Zum Aufzeichnen der Umlaufgeschwindigkeit der Motoren dienen Fahrtschreiber einer neuen, sehr bemerkenswerten Bauart von Prof. Lynen (München), welche dieser in 5facher Anzahl unentgeltlich zur Verfügung gestellt hat. Das Gerät wird vom Motor durch ein Gelenkwellengetriebe mit eingeschalteter Kegelrad-Übersetzung angetrieben. Die Räder sind derart austauschbar, daß die sehr verschiedenen Übersetzungsverhältnisse ausgeglichen werden, welche im Motor vor dem Tachometerantrieb enthalten zu sein pflegen. Das ist schon deshalb notwendig, weil man sonst vielfach außerhalb des Meßbereiches sein würde, welches der Fahrtschreiber zuläßt. Zugleich werden Irrtümer vermieden: das Gerät verzeichnet immer die halbe Drehzahl der Motorwelle.

Außerdem treibt die Gelenkwelle durch ein kleines Schneckengetriebe ein gewöhnliches Tachometer und einen Umlaufzähler, der die gesamten Umläufe während des ganzen Versuches zählt. Er zählt allerdings nur eine Drehung auf hundert der Motorwelle, was aber, da der Motor in den 7 Stunden rd. 500000 Umläufe macht, reichliche Genauigkeit gibt, um die mittlere Umlaufzahl einwandfrei zu berechnen.

Die Kühlwasserwärme wird durch einen Flügelradwas-



richtung angibt. Diese Maschinengattung hat sich für solche Prüfungen vortrefflich bewährt. In der erforderlichen Größe (bis zu 150 PS) ist sie bisher in Deutschland allerdings nur einmal ausgeführt. Wie die Gesamtdarstellung der Versuchsanlage und des Schuppens, Fig. 12 bis 14, zeigt, ist die Bremsdynamo oder, wie sie der Verständlichkeit wegen genannt wird, der Kontroll-Elektromotor dem Prüfstand gegenüber an der entgegengesetzten Seite des Schuppens so aufgestellt, daß man die vom Versuchsmotor gelöste Schraube unter geringer axialer Verschlebung auf den Kegel aufsetzen kann, der sich am Ende der etwa 3 m langen, durch eine nachgiebige Kuppelung an den Kontroll-Elektromotor angeschlossenen Zwischenwelle befindet. Die Schraube läuft also praktisch genau in der gleichen Lage wie beim eigentlichen Motorversuch, womit den oben erwähnten Forderungen Genüge getan ist, so

fern es sich um einen stehenden Versuchsmotor handelt. Umlaufmotoren müssen noch unabhängig in Drehung versetzt werden. Leerlauf mit eigener Kraft ist bei diesen Motoren meist nicht sicher möglich. Auch zum Antrieb fehlt eine Gelegenheit. Deshalb werden sie für diesen Versuch durch eine Nachbildung ersetzt, die ihre äußere Form, soweit erforderlich, nachahmt und durch einen dahinter auf dem Pendelrahmen aufgestellten Elektromotor in Drehung versetzt wird. Nach den bisherigen Schätzungen soll der Luftwiderstand dieser Motoren 10 vH oder mehr ihrer Leistung beanspruchen. Demnach muß dieser Elektromotor immerhin etwa 10 bis 20 PS leisten. Es wird dafür einer der sogleich zu erwähnenden Hilfs-Elektromotoren von 23 PS benutzt werden.

Bei manchen Umlaufmotoren ist aber die Schraube nicht vor, sondern hinter dem Motor an dessen Gehäuse befestigt, wovon man sich mit gutem Grund bessere Kraftausnutzung verspricht, weil der Motor in schwächerem Luftstrom auf der Saugseite der Schraube weniger Stirnwiderstand verursacht. In solchen Fällen wird der Motor oder seine Nachbildung auf die hohle Welle des Zusatzgebläses gesetzt, welches, wie erwähnt, zugunsten der luftgekühlten Motoren in den Bestimmungen vorgeschrieben war. Statt eines gewöhnlichen Gebläses, das kaum unterzubringen war, ist eine Luftschraube benutzt, welche gleichachsig mit der Schraube des Versuchsmotors auf hohler Welle sitzt. Die lange Welle des Kontroll-Elektromotors geht durch diese frei hindurch. Sie wird durch Riemen von einem seitlich stehenden Hilfs-Elektromotor angetrieben und sendet einen Luftstrom von etwa 20 m/sk Geschwindigkeit gegen den Versuchsmotor.

An Stelle dieser Hilfschraube wird also zur Nachprüfung der Einzeldrehkräfte bei den erwähnten Umlaufmotoren deren Nachbildung aufgesetzt und vom Hilfs-Elektromotor gedreht, während die Schraube des betreffenden Versuchsmotors dicht dahinter auf der Welle des Kontroll-Elektromotors läuft. Das bedingt allerdings eine größere axiale Verschiebung aus der Stellung des Hauptversuches. Der Einfluß wird aber nicht erheblich sein, da die Raumverhältnisse doch noch sehr ähnlich bleiben.

Die getroffene Anordnung erlaubt offenbar ohne weiteres auch die unmittelbare Kupplung des zu prüfenden Flugzeugmotors mit der Bremsdynamo. Man kann diese also auch als solche benutzen, wenn noch eine weitere Nachprüfung der Motorleistung erwünscht sein sollte.

Wie man sieht, waren ungewöhnlich große und verwinkelte Einrichtungen nötig, um den gestellten Bedingungen in allem zu genügen. Die Anlage erschien fast ungeheuerlich, als es sich herausstellte, daß, um mit der großen Anzahl gemeldeter Motoren rechtzeitig fertig zu werden, mindestens 5 solcher Versuchstände nötig waren.

Die kostspieligste Versuchsmaschine, der Kontroll-Elektromotor, konnte schlechterdings nur in einer Ausführung beschafft werden. Damit man ihn rasch wechselnd in jedem der 5 Schuppen benutzen kann, ist ein Verschiebegleis gelegt, das geradlinig durch die 5 Schuppen hindurchführt, s. Fig. 15. Zum Verfahren dient ein kräftiger Wagen mit entsprechendem Aufbau, von dem man durch Nachlassen einfacher Druckschrauben den Motor auf die Böcke setzen kann; diese sind in jedem Schuppen vorhanden, Fig. 14, und zwischen sie wird der Wagen hineingefahren.

Der Kontroll-Elektromotor bedingte ferner eine umfangreiche Umformeranlage, die in dem Laboratorium untergebracht ist. Die Bremsdynamo beansprucht, wenn sie als Motor die erforderliche Leistung und Drehzahl erreichen soll, etwa 100 KW Gleichstrom von 440 V. Die Berliner Elektrizitäts-Werke liefern hochgespannten Drehstrom mit 6000 V in das Laboratorium; er wird in einem besonderen Raum auf 220 V transformiert und speist einen Drehstrommotor von 250 PS, der durch Riemen drei einzelne Gleichstromdynamos von je rd. 50 KW und 220 V treibt. Zwei davon werden in Reihe geschaltet und liefern die erforder-

lichen 100 KW bei 440 V. Die dritte Dynamo liefert Gleichstrom von 220 V zum Betriebe der Hilfs-Elektromotoren.

Große Vorkehrungen bedingte ferner die Rücksicht auf das Personal, das während der kältesten Wintermonate tagelang in den vom Schraubenwind mächtig durchspülten Schuppen arbeiten und u. a. die 7 stündigen Dauerversuche aushalten soll. Es mußte ein wenigstens etwas heizbarer Aufenthaltsraum unbedingt geschaffen werden. Dazu wird von der Niederdruckdampfheizung des Laboratoriums durch einen Wärmeaustauscher heißes Wasser geliefert, welches eine Pumpe durch die erwähnten Heizkörper treibt, die unter dem Fußboden des kleinen, allseitig verschalteten Beobachtungsraumes liegen, von dem aus man durch Fenster den Motor beobachten kann. Eine Tür führt auf den unmittelbar davor liegenden Bedienungsstand. Andererseits führt eine Tür unmittelbar ins Freie. Unmittelbare Heizung der Schuppen verbot sich im Hinblick auf Feuersgefahr und die

Fig. 15. Lageplan.



Nähe der großen Benzinmengen. Die Fernheizung ermöglicht es zugleich, die Motoren schon vor Beginn des Versuches mit warmem Kühlwasser zu versorgen und so die Arbeiten zu beschleunigen.

Das alles mußte innerhalb weniger Monate entstehen. Die Anstalt hat den zahlreichen Firmen, die bei dem Bau mitgewirkt haben, für besonders rasche Lieferungen und vielfach ungewöhnlich weit gehendes Entgegenkommen zu danken. Erwähnt sei in dieser Hinsicht besonders die Mitwirkung der Allgemeinen Elektrizitäts-Gesellschaft, die das große Umformerwerk in überraschend kurzer Zeit leihweise zu liefern vermochte. Endgültig würde der erwähnte Riemenbetrieb dreier Dynamos durch einen großen Motor natürlich unzweckmäßig sein.

Von der Versuchsanstalt haben beim Entwurf und Bau der Anlage vor allem die Herren Dipl.-Ing. Seppeler und Steinitz zum Teil aufopfernd mitgewirkt.