

Der Saurer-Einspritz-Flugmotor

Autor(en): **Ostertag, A.**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizerische Bauzeitung**

Band (Jahr): **66 (1948)**

Heft 2

PDF erstellt am: **21.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-56645>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

empfangen. Dies Bedürfnis wird sich wohl verstärken, je mehr sich unser einstiges Gastgewerbe zur Fremden-Industrie wandelt.
Conrad D. Furrer

Der Saurer Einspritz-Flugmotor

DK 621.434.43

Aus technischen Mitteilungen der Firma Adolph Saurer, Arbon,
zusammengestellt von Dipl. Ing. A. OSTERTAG, Zürich

C. Zubehör

(Schluss von Seite 10)

1. Die Brennstoff-Zuteilung

Die Einspritzanlage besteht aus der zwölfzylindrigen Einspritzpumpe, dem Gemischregler, dem Brennstoffentlüfter mit Filter und den Einspritzdüsen. Die Einspritzpumpe, Bild 6, teilt jedem Arbeitszylinder während eines bestimmten Teils des Ansaugtaktes eine bestimmte vom Gemischregler eingestellte Brennstoffmenge zu, die in der Einspritzdüse fein zerstäubt wird und mit der einströmenden Luft ein homogenes Gemisch ergibt. Die zwölf Pumpenplunger 1 werden von der Nockenwelle 2 über Rollen und mit Federn belastete Führungskolben 3 in genau mit den Kurbelstellungen übereinstimmendem Rhythmus auf und ab bewegt. Die Plunger laufen in Büchsen 4, die zwecks Verändern der Einspritzmenge miteinander durch die verzahnte Réglerrange 5 verdreht werden können. Dabei wird in bekannter Weise der Arbeitsraum 6 über den Plunger während eines veränderbaren Teils des Förderhubes mit dem Saugraum 7 verbunden.

Zur Schmierung dienen zwei vom hintern Ende der Nockenwelle angetriebene Zahnradölpumpen, von denen die kleinere 8, der das Oel unter Druck aus dem Motorschmierkreislauf zugeführt wird, dieses nach den Wellenlagern fördert, während die andere 9 das sich im Gemischreglerraum ansammelnde Oel in das Kurbelgehäuse des Motors zurückschafft. Der Nockenwellenraum bleibt bis über die Höhe der Réglerrange mit Oel gefüllt.

Die Pumpenplunger erhalten Sperröl unter 4 bis 6 atü aus dem Hauptdruckölnetz, das durch die Bohrung 10 in je eine Ringnute pro Plunger eingeführt wird. Der sehr dünnflüssige, nicht schmierfähige Brennstoff verlangt minimales Spiel zwischen Plunger, Büchsen und Gehäuse und feinste Oberflächenglätte. Die grosse Länge dieser Teile, die sich wegen der Sperrölauführung ergibt, erschwert das Einhalten dieser Forderung; es stellt an die Fabrikation und die Werkmontage besonders hohe Anforderungen und gelang nur durch Entwickeln neuer Fabrikationsverfahren.

Der Brennstoff fliesst unter Tankdruck den beiden am hintern Ende des Motors unten angebrachten Zubringerpumpen 53 (Bild 3) zu, die ihn über einen Filter und einen Entlüfter der Einspritzpumpe zuleiten. Diese Zubringerpumpen sind als Zahnradpumpen ausgebildet und werden vom Kegelarad 24 der vertikalen Druckölpumpenwelle aus angetrieben. Der Förderdruck wird von einem Steuerkolben geregelt, auf dessen eine Seite dieser Druck wirkt, während die andere Seite durch den Ladegebläsedruck und eine Feder belastet ist.

Der Entlüfter besteht aus dem Gehäuse 11 (Bild 6) mit einem um eine horizontale Achse drehbaren Pendel. Darin sind Kanäle so angebracht, dass der Brennstoff über eine stets



Bild 8. Giebelkammer

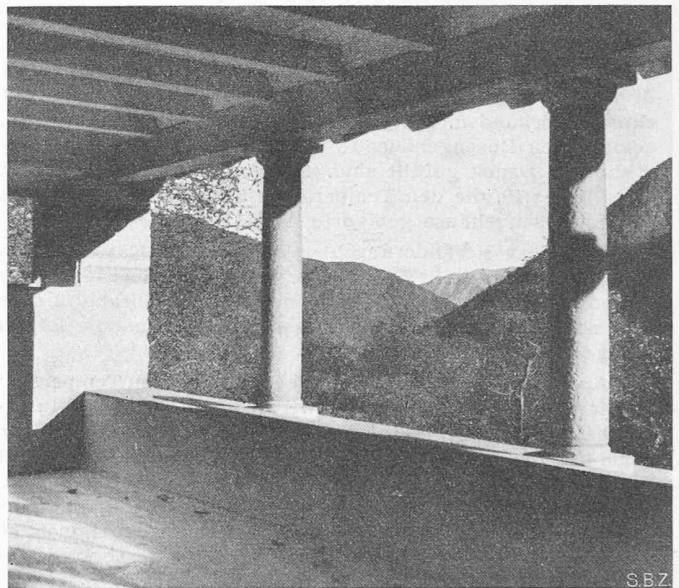


Bild 9. Loggia im Obergeschoss



Bild 7. Der Bau aus Osten

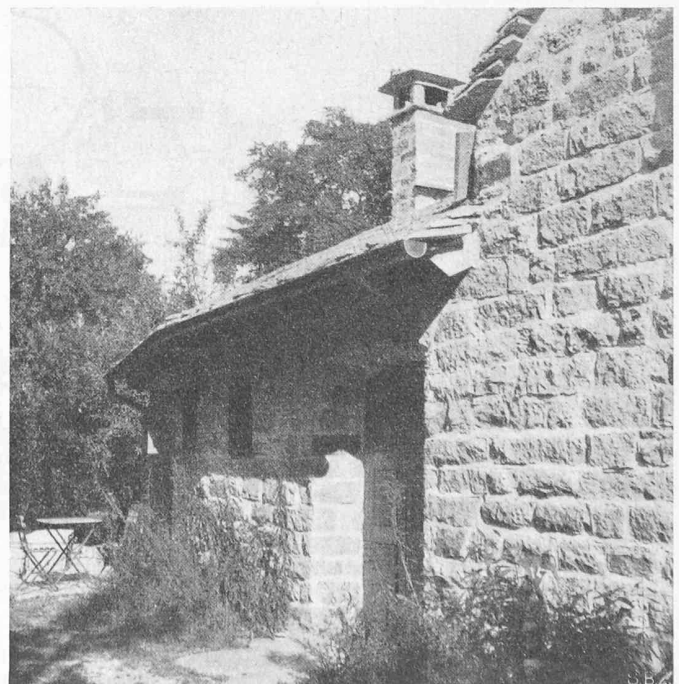


Bild 10. Rückwärtiger Eingang ins Obergeschoss

oben liegende Ueberfallkante strömen muss, wo sich die Luft ausscheidet⁷⁾. Der entlüftete Brennstoff wird an der tiefsten Stelle des Pendels entnommen und der Einspritzpumpe zugeführt, während das Luft-Brennstoffgemisch durch eine seitliche Bohrung am Gehäuse und eine Leitung zu den Vorratsbehältern zurückfliesst.

2. Der Gemischregler

Dieser mit der Brennstoff-Einspritzpumpe zusammengebaute Apparat hat die Aufgabe, die den Arbeitszylindern zuzuteilende Brennstoffmenge in eine gesetzmässige Abhängigkeit zu dem ihnen zugeteilten Luftgewicht zu setzen. Dieses Luftgewicht verändert sich einerseits mit dem spezifischen Gewicht der Luft vor den Einlassventilen, also mit Druck und Temperatur an dieser Stelle, andererseits mit der sekundlichen Luftmenge, die, wie später gezeigt wird, vom äusseren Luftdruck (Flughöhe) abhängig gemacht ist. Demzufolge weist der Regler drei Fühler auf, nämlich einen Ladedruckfühler, einen Höhendruckfühler und einen Temperaturfühler. Der erstgenannte besteht im wesentlichen aus einer beidseitig durch je eine einstellbare Feder belasteten Membrane 12 (Bild 6), auf deren einer Seite der Ladedruck wirkt (übermittelt durch die bei 13 anschliessende Leitung), während auf der andern der äussere Atmosphärendruck herrscht. Ein bei 15 gelagerter Hebel 14 übermittelt die Membranverschiebungen auf die Reglerstange 5 der Einspritzpumpe.

Das Lager 15 des Hebels 14 ist mit dem einen Ende der drei hintereinander geschalteten Dosen 17 des Höhendruckfühlers verbunden, die in einem besonders horizontal verschiebbaren Dosengehäuse 18 eingebaut und mit Gas von bestimmtem Druck gefüllt sind. Sie stützen sich über die Bimetallfeder 19, die den Temperatureinfluss kompensiert, auf die im Dosengehäuse gelagerte Achse 20 ab.

Bei einer Veränderung des äusseren Luftdruckes verschiebt sich das linke Dosenende, wobei der Hebel 14 sich um seinen Auflagerpunkt an der Spindel zur Membrane 12 dreht und so die Bewegung des Dosenendes 16 auf die Reglerstange 5 überträgt.

Auf die Achse 20 wirkt der Hebel 21, der vom Temperaturfühler sinngemäss verschoben wird; dieser Fühler ist in eine der beiden Ladeluftleitungen eingebaut (52, Bild 3). Bei Änderungen der Ladelufttemperatur verschiebt er die Achse 20, worauf die drei Dosen 17 und der Hebel 14 die Bewegung auf die Reglerstange 5 weiterleiten. Der Temperaturfühler besteht aus einem Leichtmetallrohr, gegen dessen Boden ein Fühlstift aus Stahl durch Federdruck angepresst wird. Der

⁷⁾ Vgl. SBZ 1947, Nr. 5, S. 60*, Bild 8, Schnitt A-A.

Unterschied der Wärmedehnungen dieser beiden Teile bewirkt die Reglerbewegung.

3. Das Ladegebläse mit seinen Regelorganen

Der einstufige, einflutige Lader 37 (Bild 1) wird vom hintern Kurbelwellenende aus über ein Differentialgetriebe mit einem Uebersetzungsverhältnis 8,96 : 1 angetrieben, so dass es z. B. bei 2500 U/min des Motors mit 22400 U/min umläuft. Eine Labyrinth-Dichtung, in die durch die Bohrung 38 Sperrluft eingeführt wird, verhindert das Eindringen von Schmieröl aus dem Getriebekasten in das Gebläsegehäuse. Dieses besteht aus einer Rückwand mit eingebautem Diffusor 39, einer Vorderwand 40 und dem Spiralgehäuse mit zwei Druckstutzen.

Das saugseitige, dem Laufrad unmittelbar vorgebaute Drosselorgan besteht aus zwölf um radiale Achsen drehbaren Flügeln 41, die aussen über Hebel von einem gemeinsamen Verstellring aus gleichmässig verstellt werden können. Daran schliesst der Saugkrümmer, der innen mit Leitschaufeln versehen ist.

Der zum Ladegebläse gehörige Druckregler soll durch Drosseln der Luftströmung im Saugstutzen des Gebläses den Ladedruck innerhalb der Volldruckhöhe konstant halten. Hierzu wirkt der Gebläsedruck auf eine Aneroiddose 1 (Bild 7), deren Länge sich mit diesem Druck ändert⁸⁾; dadurch verschiebt sich der unter der Dose und gleichachsig mit ihr angeordnete Steuerschieber 2, der den Oeldurchgang zu den beiden Seiten des Servomotorkolbens 3 steuert. Dieser Kolben verdreht über ein Gestänge 4 den Verstellring 5 des Saugdrosselorgans. Das hierzu nötige Arbeitsöl wird dem Druckölssystem des Motors entnommen und durch einen bei 6 anschliessenden Metallschlauch dem Steuerschieber zugeführt; das abströmende Oel fliesst ins Kurbelgehäuse zurück.

Beim Start kann der Pilot den Gashebel über die Vollgasstellung hinaus drücken, wodurch der Aufhängepunkt der Dose 1 unter der Wirkung der über ihr angebrachten Feder nach unten verschoben wird. Dadurch stellt der Druckregler einen etwas höheren Ladedruck ein. Bei dieser zusätzlichen Steuerbewegung drückt der durch die Feder 13 belastete Stempel 10, dessen Höhenlage an der Mutter 11 eingestellt werden kann, auf das Segment 12, so dass der Pilot einen gewissen Widerstand überwinden muss. Beim Loslassen des Steuerhebels kehrt das ganze Steuergestänge in die Vollaststellung zurück.

⁸⁾ Die Aneroiddose (Federbarometer) ist ein nahezu luftleeres dünnwandiges Blechgefäss, in dem eine Feder eingebaut ist, die dem äusseren Luftdruck das Gleichgewicht hält.

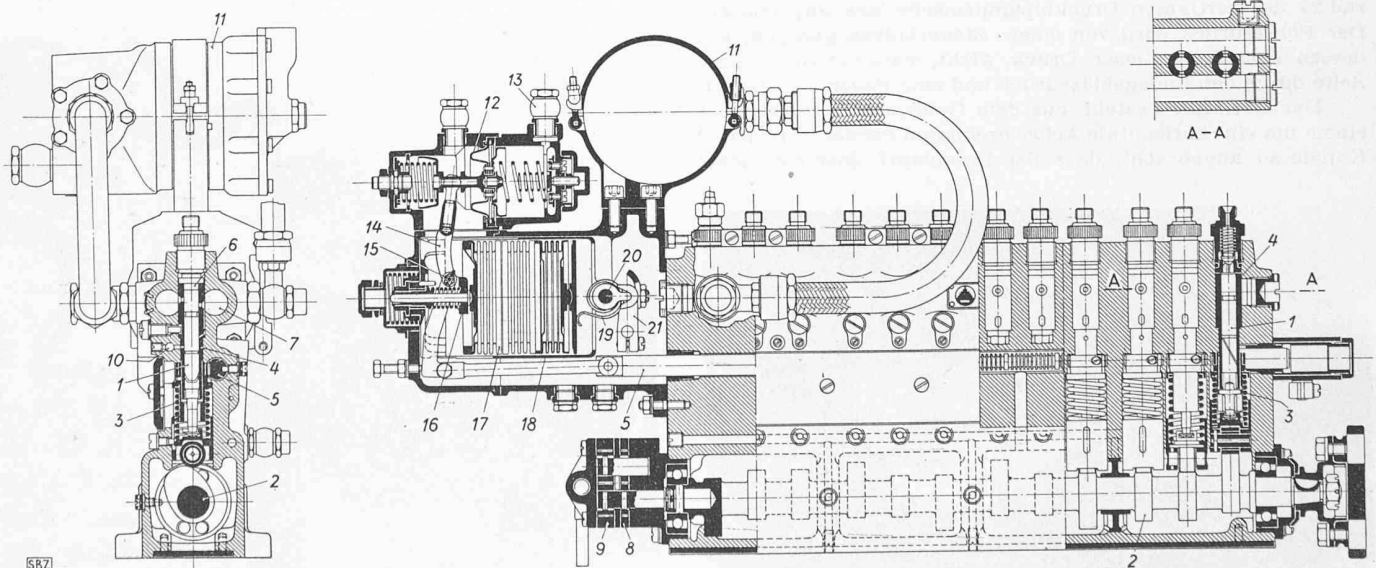


Bild 6. Benzin-Einspritzpumpe mit Gemisch-Regler, Masstab 1 : 4

- | | |
|------------------|--|
| 1 Pumpenplunger | 8 Schmierölpumpe für Plungerantrieb |
| 2 Nockenwelle | 9 Entleerungspumpe |
| 3 Führungskolben | 10 Sperrölzuführung |
| 4 Laufbüchsen | 11 Gehäuse zum Entlüfter |
| 5 Reglerstange | 12 Membrane des Ladedruckfühlers |
| 6 Arbeitsraum | 13 Leitungsanschluss für Ladedruck |
| 7 Saugraum | 14 Gemischregler-Hebel |
| | 15 Drehzapfen, mit 16 fest verbunden |
| | 16 Führungsstempel des Höhendruckfühlers |
| | 17 Höhendruckfühler (drei Dosen) |
| | 18 Dosengehäuse |
| | 19 Bimetall-Temperaturkompensationsfeder |
| | 20 Achse |
| | 21 Hebel zum Temperaturfühler |

Als druckseitige Drosselorgane wirken die in die beiden Ladeluftleitungen eingebauten Kugelschieber 8, deren Antriebsgestänge durch eine über dem Spiralgehäuse des Laders durchlaufende Welle 9 miteinander gekuppelt sind. Diese Welle verdreht der Pilot von Hand mit dem Gashebel über ein im Kommandogerät eingebautes Kurvensegment, wie später noch gezeigt wird.

4. Die Zündanlage

Der zwölfzylindrige Zwillings-Zündmagnet «Peravia», Typ HB-12D-2C, wird von der einen schrägen Steuerwelle aus über Zahnräder angetrieben und läuft mit der halben Motordrehzahl. Der magnetische und der elektrische Teil sind doppelt ausgeführt; die beiden Teile stehen mit zwei voneinander unabhängigen Zündstromkreisen in Verbindung, von denen jeder je eine der beiden Kerzen pro Zylinder mit Strom versorgt. Kabel und Kerzen sind mit Funkschutz vollständig abgeschirmt. Der Magnet wird künstlich durchlüftet. Der Zündzeitpunkt lässt sich an der automatischen Verstellkupplung verändern. Eine von Hand zu betätigende Bremsvorrichtung gestattet das Umstellen von Früh- auf Spätzündung, was zum Abbrennen verschmutzter Zündkerzen gelegentlich vorzunehmen ist. Der Peravia-Magnet kann ohne weiteres durch einen Scintilla-Doppelzünder ausgewechselt werden.

5. Die Anlassvorrichtung

Zum Anlassen dient ein Druckluftverteiler, der von der einen Steuerwelle des rechten Zylinderblocks mit halber

Motordrehzahl angetrieben wird. Er enthält einen Drehschieber, der die Luft aus der Borddruckluftanlage sinngemäss auf die zwölf Austrittstutzen verteilt, von denen Leitungen nach den Anlassventilen der einzelnen Zylinder führen.

6. Das Kommandogerät

Jedem Ladedruck sind eine bestimmte Brennstoffmenge, eine bestimmte Drehzahl, ein bestimmter Anstellwinkel des Propellers und damit eine bestimmte Leistung zugeordnet. Das Kommandogerät, Bild 7, koordiniert diese Zuordnungen sinngemäss, sodass der Pilot nur einen einzigen Hebel, nämlich den Gashebel 14 zu betätigen hat. Dieser Hebel verdreht die Welle 15, die folgende vier Steuerbewegungen auslöst: 1. Das auf Welle 15 fest aufgeklebte Segment 16 verdreht über den mit ihr verbundenen Rollenhebel die Welle 17, deren Bewegung über Hebel 18 und die dort angelenkte Stange auf den Drehzahlregler des Verstellpropellers übermittle wird. Die Zugfeder 19 sichert den Kraftschluss zwischen Rolle und Kurvensegment 16. 2. Das zweite Kurvensegment 20 verdreht in analoger Weise die durch Zugfeder 22 belastete Steuerwelle 21, die über das in Bild 7 sichtbare Gestänge die Kugelschieber 8 bewegt und dadurch den Ladedruck vor den Zylindern und (über den Gemischregler) die Brennstoffzuteilung verändert. 3. Der Hebel 23 wirkt über ein Kurvensegment und einen Rollenhebel auf das Gestänge, das den Temperaturfühler mit dem Dosengehäuse des Gemischreglers verbindet. Diese Bewegung bewirkt im Gebiet niedriger Drehzahlen eine vergrösserte Brennstoffzufuhr zum Motor; sie korrigiert also die Zuteilung durch den Gemischregler. 4. Das Kurvenseg-

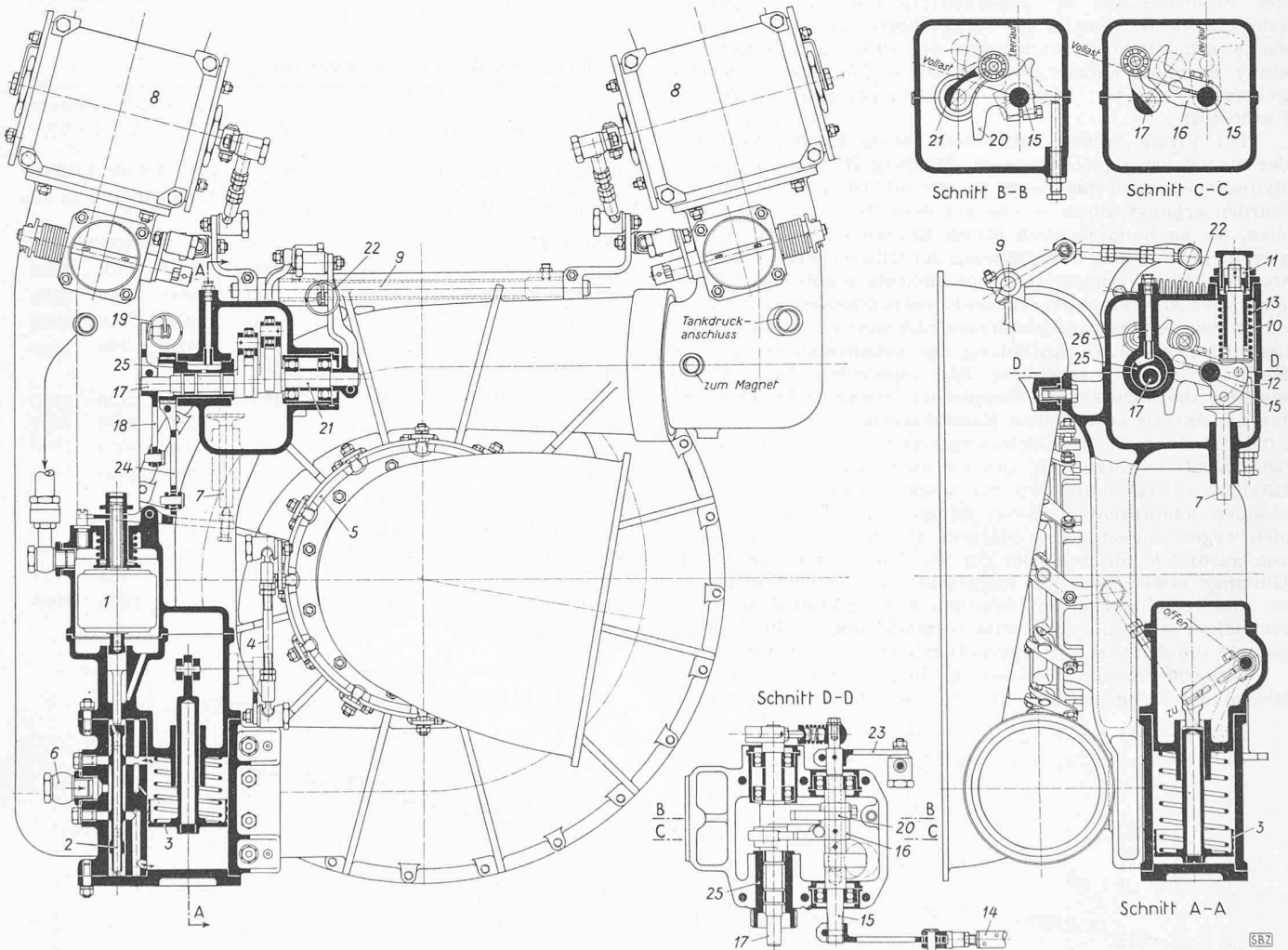


Bild 7. Ladedruckregler und Kommandogerät, Masstab 1:5

- | | | |
|--|--|--|
| 1 Aneroiddose | 9 Verbindungswelle | 18 Hebel zu 17 |
| 2 Steuerschieber | 10 Anschlagstössel für Startüberlastbegrenzung | 19 Zugfeder zu 17 |
| 3 Servomotorkolben | 11 Einstellmutter | 20 Kurvensegment für Ladedruck-Verstellung |
| 4 Uebertragungsgestänge | 12 Steuersegment für Startüberdruck | 21 Steuerwelle zu 20 |
| 5 Verstellung zur Saugdrosselregelung | 13 Feder zu 10 | 22 Zugfeder zu 20 |
| 6 Anschluss der Druckölleitung | 14 Gashebel | 23 Verstellhebel für Temperaturfühler |
| 7 Stempel zur Erhöhung des Ladedrucks beim Start | 15 Vom Gashebel betätigte Steuerwelle | 24 Hebel für zusätzl. Drehzahlverstellung |
| 8 Kugelschieber | 16 Kurvensegment für Drehzahlverstellung | 25 Exzenterbüchse |
| | 17 Steuerwelle für Propeller-Verstellung | 26 Bewegungsbegrenzung |

ment 12 beeinflusst, wie bereits oben unter C3 erwähnt, den Ladedruckregler im Sinne einer Erhöhung dieses Druckes beim Start. Das Gesetz der Beeinflussung der genannten vier Grössen kann durch geeignete Wahl der Kurvenform der Segmente den jeweiligen Bedürfnissen angepasst werden.

Der Pilot kann ferner mit einem am Hebel 24 angelegten Gestänge die Exzenterbüchse 25 um einen durch den Stift 26 begrenzten Winkel verdrehen und dadurch unabhängig von allen anderen Verstellungen die Propellerdrehzahl um etwa 150 U/min absenken. Dieser Eingriff wird beim Flug in geschlossener Formation zum Angleichen der Fluggeschwindigkeit an die des Führerflugzeuges vorgenommen, sowie zur Verminderung des spezifischen Brennstoffverbrauchs beim Sparflug.

D. Betriebsverhalten und Weiterentwicklung

1. Das Betriebsverhalten des Motors YS-2

Der Motor YS-2 befriedigte mechanisch sowohl auf dem Versuchsstand, als auch im Flug vollständig. Alle zur Erprobung nötigen Flüge in allen vorkommenden Fluglagen einschliesslich Schiessversuche konnten ohne grössere Störungen durchgeführt werden. Dagegen traten thermische Schwierigkeiten auf, die damals eine baldige Homologierung verhinderten. Diese Schwierigkeiten äusserten sich beim Vollast-Dauerlauf auf dem Prüfstand, indem sich nach etwa 20 Betriebsstunden die Leistung verringerte. Obwohl dieser Leistungsabfall jeweils nur 8 bis 10 % betrug und sich meist nur vorübergehend einstellte, zeigte sich doch die Notwendigkeit einer weiteren Abklärung. Diese war durch die Vielfalt der Probleme und ihr gegenseitiges Uebereinandergreifen sehr erschwert. Sorgfältig durchgeführte, zeitraubende Versuche ermöglichten schliesslich die Störungsursachen auf einen Komplex einzuengen, der durch folgende Stichworte gekennzeichnet ist: Magnet, Kabelrampe, Kerzen, Ventile, Brennstoff.

Die Firma Saurer entwickelte einen Zündprüfapparat, der eine dauernde Kontrolle der Zündung in jedem einzelnen Zylinder während der Versuche erlaubt. Die Untersuchungen wurden ergänzt durch solche auf dem Höhenprüfstand Emmen, wo es hauptsächlich durch Einbau einer Ionisationsstrecke gelang, eine Ueberhitzung der Glimmerkerzen nachzuweisen. Einen verwickelten Problemkreis stellte die Ausbildung der Kabelrampe dar: Dieses Konstruktionselement musste durch zweckmässiges Abschirmen radiostörfrei gemacht werden. Die kapazitive Aufladung der nebeneinanderliegenden Kabel verursachte erhebliche Zündungsfehler. Den mechanischen, thermischen und chemischen Beanspruchungen hielten die damals erhältlichen Kabelmaterialien auf die Dauer oft nicht stand. Weitere Schwierigkeiten ergaben sich infolge örtlicher Ueberhitzungen, die vor allem an den Auslassventilwellen auftraten und Frühzündungen verursachten; sie entstanden hauptsächlich durch Beläge von Rückständen, die sich wegen ungeeignetem Material für den Oberflächenüberzug ausbilden konnten. Der für die Zündkerzen verwendete Glimmer erwies sich als ungeeignet. Die Zubehörapparate, die von verschiedenen inländischen Konstruktionsfirmen neu entwickelt worden waren, wiesen entwicklungsbedingte Mängel auf, die sich zum Teil erst im Betrieb am Motor auswirkten.

Bemerkenswerterweise hatten die grossen Konstruktionsfirmen der kriegführenden Staaten, wie man später erfuhr,

mit genau den selben Schwierigkeiten zu kämpfen. Sie verfügten jedoch naturgemäss über ungleich grössere Mittel für Forschung und Entwicklung⁹⁾, über eine sehr viel breitere Basis für die Materialbeschaffung und über hervorragende Brennstoffe von hoher Klopfestigkeit.

Bekanntlich sah sich unsere Fliegertruppe infolge kriegsbedingter äusserst einschneidender Einfuhrstörungen gezwungen, sich auf gestreckte Flugbenzine einzustellen, deren Zusammensetzung immer wieder wechselte. Es ist einleuchtend, dass mit solchen Brennstoffen nicht die selben Leistungen erzielt werden konnten, wie mit dem im Ausland verwendeten, hochwertigen Flugbenzin. Zudem erschwerte die wechselnde Zusammensetzung beträchtlich die Flugerprobung und das Einstellen der Regelung.

Sobald guter Brennstoff, englische Steinkerzen und das englische Ventilschutzmaterial Brightray zur Verfügung standen, konnten die festgestellten Schwierigkeiten zum Verschwinden gebracht und die Homologierung des Motors YS-2 mit 1300 PS Startleistung unter den schweren, vertraglich festgelegten Abnahmebedingungen anstandslos durchgeführt werden.

2. Der Motor YS-3

Inzwischen hatte die Firma Saurer der Entwicklung ihres Flugmotors in der Richtung höherer Leistung bereits weitere Ziele gesteckt. Die schweizerische Fliegertruppe entschied sich jedoch nach Kriegsende für die ausschliessliche Verwen-

⁹⁾ So konnten sich z. B. die Rolls-Royce-Werke einen mindestens zehnmal grösseren Stab von Fachleuten halten und standen ausserdem mit den andern grossen Flugmotorenwerken in engem Erfahrungsaustausch.

Tabelle 1. Charakteristische Motordaten

Motortyp	Yc *)	Entwicklung Saurer		
		YS-2	YS-3	YS-4
Verdichtungsverhältnis	6,5 : 1	6,85 : 1	6,85 : 1	6,85 : 1
Brennstoffzuführung	Vergaser	Einspritzung in den Zylinder		
Brennstoff	OZ 93	OZ 100/130		
Startleistung PS	1000	1300	1520	1620
Drehzahl U/min	2500	2600	2800	2800
Ladedruck mmHg	950	1050	1200	1200
Nennleistung	Boden . PS	910	1120	1260
	Volldruckhöhe . . PS	1000	1250	1430
Drehzahl U/min	2500	2500	2650	2650
Ladedruck mmHg	865	930	1000	1000
Volldruckhöhe m	4000	5500	5500	5450
Spez. Verbrauch gr/PSsh	275	250	245	245
Trockengewicht kg	590	685	685	710
Totale Länge mm	1722	1970	1970	1970
Totale Breite mm	764	734	734	734
Totale Höhe mm	935	1095	1095	1095

*) Lizenz Hispano

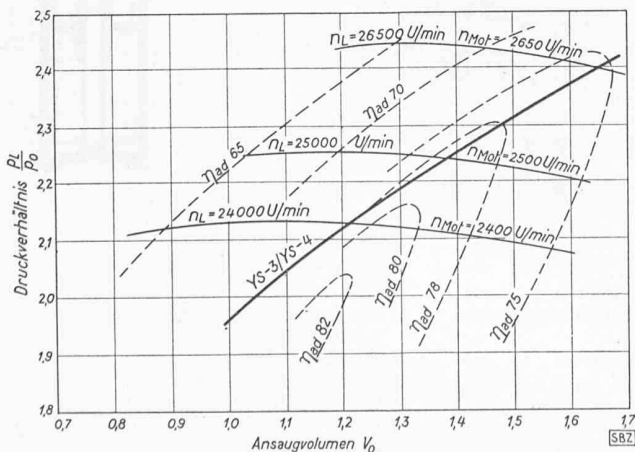


Bild 8. Charakteristik des Ladegebläses

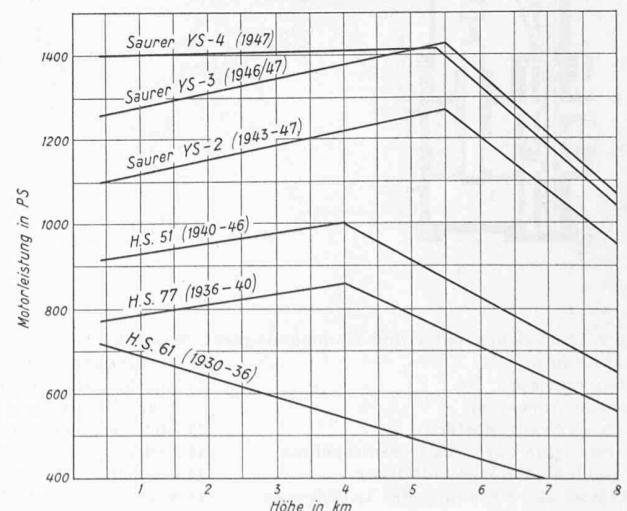


Bild 9. Höhenverhalten verschiedener Flugmotortypen

dung von Düsentriebwerken und stoppte damit die weitere Entwicklung des Kolbenmotors für militärische Zwecke unvermittelt ab. Die erhoffte Nutzanwendung der sehr umfangreichen und kostspieligen Entwicklungsarbeiten in Form eines neu durchkonstruierten Typs blieb damit aus. Immerhin entschloss sich die KTA, um einen Einblick in die Betriebsicherheit der abgelieferten Motoren YS-2 zu erhalten, zu einigen Dauerläufen mit der auf 1500 PS erhöhten Leistung. Da diese Versuche gemäss den Homologierungsbedingungen durchgeführt wurden, stellen sie eine Homologierung des entsprechend abgeänderten Motors dar, der die Bezeichnung YS-3 erhielt.

Tabelle 1 zeigt die charakteristischen Daten der drei Einspritzmotoren im Vergleich zu denen des Hispano-Suiza-Vergasermotors, Bild 9 ihr Höhenverhalten.

Zur weiteren Leistungssteigerung wurden am Motor YS-2 folgende Aenderungen vorgenommen: Vergrössern der Fördermenge der Einspritzpumpe, Verstärkung der Arbeitskolben bei gleichzeitiger Verbesserung der Querschnitte für den Wärmeabfluss, Verlängern der Spülzeit durch stärkeres Ueber-einandergreifen der Oeffnungswinkel der Ein- und Auslassventile, Vergrössern der Menge und des Druckes der Ladeluft. Für diese letzte Aenderung war eine besondere Entwicklung nötig. Das Triebwerk erwies sich ohne Aenderung der erhöhten Leistung in jeder Hinsicht gewachsen, was für die guten Qualitäten des Motors spricht.

In zahlreichen Einzelversuchen gelang es, den adiabatischen Wirkungsgrad des Ladegebläses bis über 80 % zu steigern. Durch entsprechende Wahl des Uebersetzungsverhältnisses konnte ferner die Betriebscharakteristik in den Bereich der höchsten Wirkungsgrade hineinverlegt werden, Bild 8.

Es darf hier festgestellt werden, dass die Nennleistung des Motors YS-3 mit 36 l Hubvolumen ungefähr der Dauerleistung des englischen Motors «Griffon» von Rolls-Royce von 36,7 l Hubvolumen entspricht¹⁰⁾. Dabei beträgt das Leergewicht des Saurer-Motors YS-3 nur 685 kg (das des Motors YS-4 710 kg), während der Rolls Royce-Motor «Griffon» 950 kg wiegt.

3. Der Motor YS-4

Eine beachtenswerte Verbesserung der Bodenleistungen brachte der Uebergang von der Drallklappen-Saugdrosselregelung zur Drehzahlregelung des Gebläseantriebes. Die mit dieser Regelung versehenen Motoren erhielten die Bezeichnung YS-4.

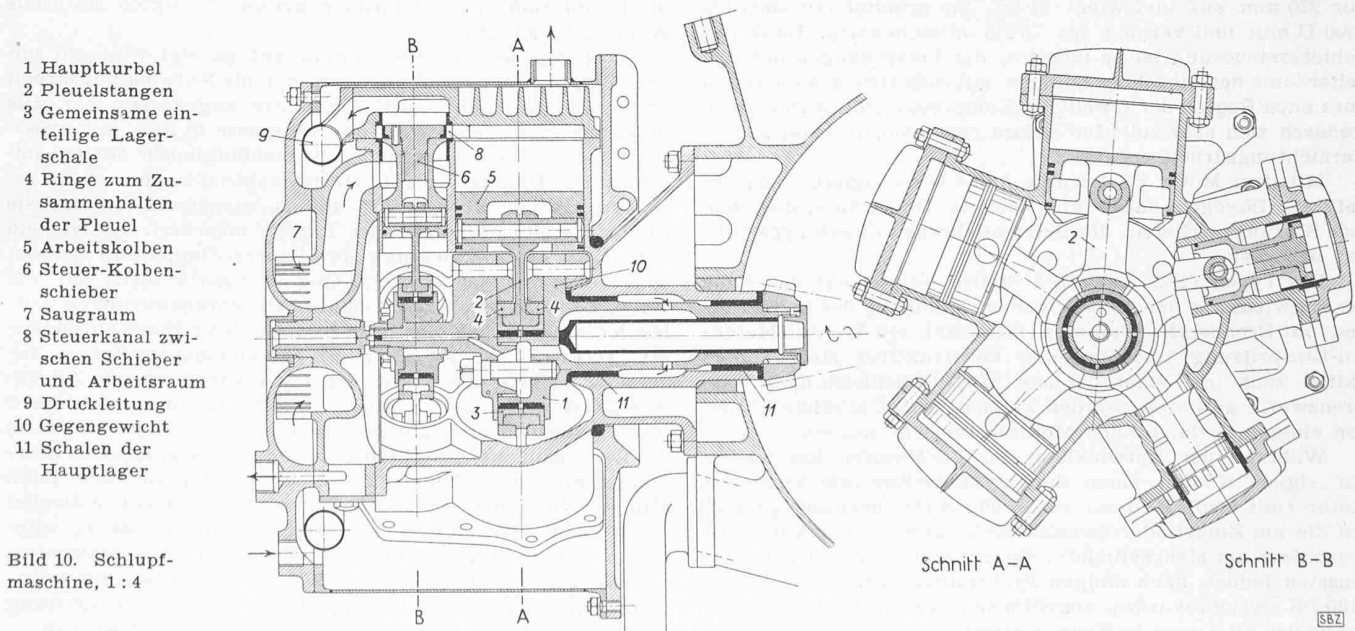
Schon bei der Entwicklung des Motors YS-2 wurde mit Rücksicht auf eine spätere Steigerung der Volldruckhöhe für den Ladegebläseantrieb ein Getriebe konstruiert, wie es auf Bild 1, S. 6, dargestellt ist. Das mit dem hintern Kurbelwellenende über die Federkupplung 29 verbundene Zahnrad 44 treibt über die Zahnräder des Zwischenvorgeleges 45 das auf

der Welle des Ladegebläses fest aufgesetzte Zahnrad 46. Die Lager des Vorgeleges 45 sind nicht fest mit dem Getriebekasten verbunden, sondern mit Hilfe eines Trägers um die Kurbelwellenaxe drehbar angeordnet. Während nun aber bei den Motoren YS-2 und YS-3 der Vorgelegeträger festgehalten wird, greift beim Motor YS-4 ein an seinem Umfang angebrachter Zahnkranz 47 in ein Getriebe ein, das der Drehbewegung des Vorgelegeträgers einen kontinuierlich verstellbaren Widerstand entgegengesetzt. Dieses Getriebe wird durch den auf Bild 10 dargestellten Luftkompressor mit fünf sternförmig angeordneten Arbeitszylindern gebildet. Die von ihm geförderte Luft tritt durch eine Oeffnung ins Freie aus, deren Querschnitt selbsttätig vom Gebläsedruckregler verstellbar wird. In der Volldruckhöhe und bei noch grösseren Höhen ist diese Oeffnung ganz geschlossen, so dass der Kompressor und mit ihm der Vorgelegeträger fast ganz stillstehen; das Gebläse läuft alsdann mit seiner höchsten, durch das Uebersetzungsverhältnis gegebenen Drehzahl. In Bodennähe ist die Oeffnung ganz offen, der Kompressor erreicht seine höchste, das Gebläse seine kleinste, nämlich jene Drehzahl, die nötig ist, um das hier noch nötige kleine Druckverhältnis zu erzeugen. Der Kompressor bewirkt also einen in einfachster Weise einstellbaren und kontinuierlich veränderbaren Schlupf; er wird daher auch Schlupfmaschine genannt.

Die Arbeitskolben 5 in den fünf sternförmig angeordneten Zylindern der Schlupfmaschine, Bild 10, werden vom fliegend angeordneten Pleuelzapfen der Antriebswelle 1 über Pleuelstangen 2 hin und her bewegt. Die Enden der Stangen 2 bilden Segmente, die etwas weniger als $\frac{1}{5}$ des Umfangs der Lagerschale 3 umfassen, die auf dem Wellenzapfen gleitet. Die Stangen 2 werden durch die Ringe 4 zusammengehalten. Zur Steuerung des Luftdurchtritts dienen die Steuerkolben 6, deren oberer Teil den nach dem Zylinder führenden Kanal 8 abwechselungsweise mit dem Saugraum 7 bzw. mit der Druckleitung 9 verbindet. Gegengewichte 10 gleichen die bewegten Massen vollständig aus. Schmieröl wird aus dem Druckölsystem des Motors in die Kammer zwischen den Hauptlagern 11 eingeführt und durch Bohrungen an die Pleuelstangenlager geleitet. Ein Kühlwassermantel sorgt für das Einhalten der für eine einwandfreie Schmiering noch zulässigen Temperaturen.

Die kleinere Gebläsedrehzahl in Bodennähe, die nun dank der Schlupfmaschine eingestellt werden kann, ergibt einen entsprechend kleinern Leistungsbedarf des Laders bei voller Motordrehzahl. Der Gewinn übersteigt wesentlich den Aufwand für den Antrieb der Schlupfmaschine. Beträchtlich grösser als dieser Leistungsgewinn ist derjenige infolge geringerer Ladelufttemperatur, also grösserem spezifischem Luftgewicht. Die Versuche haben einen Gewinn an Bodennennleistung gegenüber reiner Saugdrosselregelung von rd. 200 PS ergeben; gegenüber der oben beschriebenen Drallklappenregelung der Motoren YS-2 und YS-3 beträgt er noch etwa 130 PS.

¹⁰⁾ Vgl. SBZ 1947, Nr. 7, S. 89*, Bild 2, S. 91*.



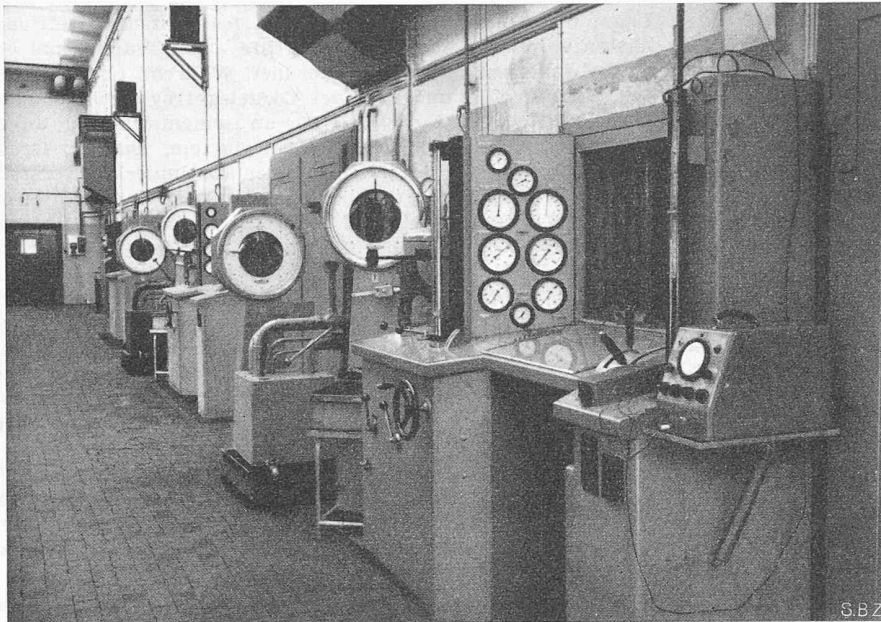


Bild 11. Flugmotorprüfstände im Werk Arbon der Firma Saurer

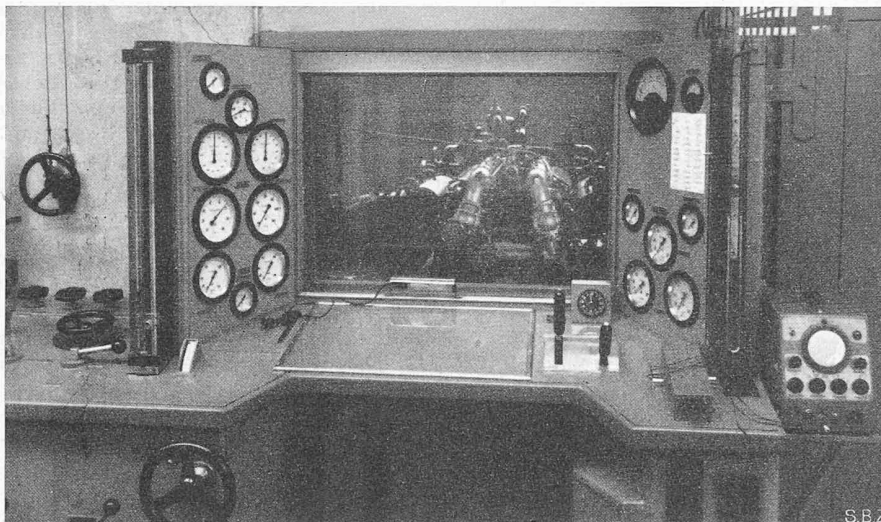


Bild 12. Durchblick von einem Kommandoraum in die zugehörige Motorprüfzelle

Die Schlupfmaschine weist einen Aussendurchmesser von nur 275 mm auf und wiegt 21 kg. Sie arbeitet mit 4000 bis 7000 U_{min} und vermag bis 75 PS anzunehmen. Dank der Schiebersteuerung ist es möglich, die Verbindungen der Arbeitsräume der einzelnen Zylinder mit dem Druckraum schon kurz nach Beginn der jeweiligen Kompressionshübe zu öffnen, wodurch sich sehr volle Indikatordiagramme, also eine grosse Vernichtungsarbeit ergeben.

Mit dem Motor YS-4 wurde keine Homologierung durchgeführt. Dagegen haben ausgedehnte Dauerläufe, die ohne jede Störung verliefen, die Betriebsicherheit dieses Typs voll auf bewiesen.

Die Typen YS-3 und YS-4 stellen keineswegs das Ende der Entwicklung dar. Durch weitere Erhöhung des Ladedruckes, mit Brennstoffen höherer Oktanzahl, mit Wasser-Methanol-Einspritzung und einzelner konstruktiver Massnahmen hätten auch im Gebiet der Not- und Höhenleistungen jene Grenzwerte gewonnen werden können, die in allerletzter Zeit von einigen ausländischen Motoren erreicht worden sind.

Während der Entwicklung der YS-Motoren hat Saurer auf eigene Kosten einen Sechszylinder-Zweitakt-Versuchsmotor (mit zwölf Kolben) von 1200 PS Nennleistung gebaut, um die am Einzylinder-Zweitaktmotor gewonnenen Versuchsergebnisse am Mehrzylindermotor zu erproben. Die Versuche mussten jedoch nach einigen Probeläufen, bei denen bereits 1100 PS erreicht wurden, abgebrochen werden, weil die Arbeiten an den YS-Typen die Konzentration aller Kräfte verlangten.

Es ist in hohem Masse zu bedauern, dass die Entwicklung des schweizerischen Flugmotors, die trotz der beschränkten in unserem Lande zur Verfügung stehenden Mittel und der aussergewöhnlichen meist kriegsbedingten Schwierigkeiten zu einem so erfreulichen Ergebnis geführt hat, nun jäh abgebrochen werden muss. Rückblickend darf aber auch Erfreuliches festgestellt werden: Wir meinen die Initiative, das hohe technische Können und die Fähigkeit zu verständnisvoller Zusammenarbeit unserer Maschinenindustrie. Als die Verbindungen mit dem Lizenzgeber nach Kriegsausbruch aufhörten und die Schwierigkeiten mit dem übernommenen 1000 PS-Motor immer deutlicher die Begrenztheit dieser Konstruktion zeigten, brauchte es sehr viel Wagemut, angesichts der damaligen erschwerten Verhältnisse die weitere Entwicklung selber in die Hand zu nehmen. Der blosser Lizenznachbau wäre völlig ungenügend gewesen, indem er eine Steigerung der Start- und Nennleistung über 1000 PS hinaus nicht ermöglicht hätte. Das hohe technische Können aller am Bau beteiligten Firmen wird durch das erzielte Ergebnis aufs beste belegt, das sich neben den Errungenschaften der viel grösseren Industrien in den kriegführenden Ländern sehr wohl sehen lassen darf. Besonders erfreulich ist die zur Tatsache gewordene Zusammenarbeit einer grossen Zahl über das ganze Land verteilter Firmen; sie ist in unserem Lande nicht selbstverständlich. Allen Beteiligten, vor allem der KTA als der koordinierenden Instanz und der Firma Saurer, der die Führung der Entwicklung und die Hauptarbeit zukamen, gebührt hierfür volle Anerkennung. Besonders zu schätzen ist die von Generaldirektor Dubois abgegebene Versicherung, dass die Firma Saurer jederzeit bereit sein werde, neue technische Aufgaben von der Art, wie der Flugmotor für sie bedeutete, in Angriff zu nehmen.

Es ist hier auch der Ort, auf die unbedingte Notwendigkeit hinzuweisen, dass unserer einheimischen Maschinenindustrie neuerdings wieder Gelegenheit geboten werde, sich für die Produktion des von unserer Armee benötigten Materials vorbereiten zu können.

Das Beispiel des Flugmotors hat gezeigt wie sehr unsere Truppe während des Krieges auf die Entwicklungsarbeit und die Leistungen unserer Industrie angewiesen war. Die im Krieg unter dem Druck der Ereignisse in Eile, mit grössten Schwierigkeiten und mit oft unzulänglichen Mitteln improvisierte Produktion von Heeresmaterial sollte nun in geordnete Bahnen übergeführt und so ausgebaut werden, wie es der Bereitschaftsgrad der Truppe erfordert. Es ist kein Zweifel — die Entwicklung des Saurer-Flugmotors beweist es — dass bei der einheimischen Industrie nicht nur der Wille, sondern auch die technischen Voraussetzungen vorhanden sind, um die hier noch bestehenden Lücken zu schliessen. Dazu braucht sie einerseits Entwicklungsaufträge; andererseits ist eine dem Wesen der Sache entsprechende Zusammenarbeit derjenigen Firmen aufzubauen, die dank ihrer fachtechnischen und fabrikationstechnischen Erfahrungen in der Lage sind, die gestellten Probleme mit einem nicht übermässig grossen Aufwand an Zeit und Kosten zu lösen. Beim Bau von Flugtriebwerken bedeutet der Leichtbau ohne Zweifel ein Moment von allererster Bedeutung, und es ist zu wünschen, dass die umfangreichen und wertvollen Erfahrungen, die die Firma Saurer bei der Entwicklung des Kolbenflugmotors gesammelt hat, auch bei der weiteren Ausrüstung unserer Flugwaffe in vollem Umfang ausgenützt werden.