

Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 66 (1948)
Heft: 1

Artikel: Der Saurer-Einspritz-Flugmotor
Autor: Ostertag, A.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-56640>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 15.01.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

lung dieser konstruktiven Ausbildung andeuten: Während man früher die Endstrebe als Fortsetzung des Obergurtes auffasste und dabei zur Aufnahme der im Knotenpunkt entstehenden Ablenkungskräfte zu örtlichen Verstärkungen gezwungen wurde (Bild 16), wird man heute, nach

der in Bild 15 erkennbaren Zwischenlösung, wohl mehr und mehr dazu übergehen, beim genieteten Fachwerkträger die Endknotenpunkte gleich einfach wie die Zwischenknotenpunkte auszubilden (Bild 17).

(Schluss folgt)

Der Saurer-Einspritz-Flugmotor

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

DK 621.434.43

Im Vorsommer 1947 hat der während des letzten Krieges von der Aktiengesellschaft Adolph Saurer in Arbon entwickelte Flugmotor YS-3 das Versuchsprogramm mit Erfolg durchlaufen, das den sehr schweren Homologierungsbedingungen für 1500 PS entspricht. Dieses Ereignis, das zugleich den Abschluss eines langjährigen, durch die Kriegsverhältnisse äusserst erschwerten Ringens um die Schaffung eines modernen Anspruchs genügenden schweizerischen Flugmotors darstellt, verdient umso mehr eine fachtechnische Würdigung, als der Motor eine technische Leistung ersten Ranges darstellt und überdies die bei seiner Entwicklung gewonnenen Erkenntnisse und Erfahrungen auch auf andern verwandten Gebieten nutzbringend verwertet werden können.

A. Zur Vorgeschichte

Die Kriegstechnische Abteilung des Eidg. Militärdepartements (KTA) hatte anfangs der dreissiger Jahre nach sehr sorgfältiger Prüfung die Lizenz für den Bau des Hispano-Suiza-Flugmotors erworben, der damals dank seiner Zuverlässigkeit den besten Ruf genoss¹⁾. Dieser Motor wies folgende Hauptdaten auf:

Zylinderzahl . . .	12	Anzahl Vergaser .	6
Bohrung	150 mm	Max. Betriebsdreh-	
Hub	170 mm	zahl	2000
Hubvolumen	36 l	Leistung	650 PS

Diese Dimensionen, sowie die V-förmige Zylinderanordnung mit unter 60° gegeneinander geneigten Axen blieben bei allen spätern Entwicklungsstufen unverändert. Der Propeller sass auf der verlängerten Kurbelwelle, lief also mit der selben Drehzahl wie diese um. Ein Höhenlader fehlte. Die Hispano-Suiza-Werke lieferten die Zylindergruppe, die Saurer-Werke stellten die Kurbelgehäuse und Triebwerkteile her und übernahmen den Zusammenbau.

In einer weiteren Entwicklungsstufe führte der Lizenzgeber ein Uebersetzungsgetriebe ein, durch das die Motordrehzahl erhöht und die des Propellers erniedrigt werden konnte; gleichzeitig wurde der Raum für den Einbau einer Kanone zwischen den Zylinderblöcken frei, deren Lauf durch die hohle Propellerwelle hindurch ragte. Ein Höhenlader mit allerdings noch bescheidenem Wirkungsgrad, verbunden mit einer selbsttätigen Saugdrosselregelung ergab, eine Nennleistung von 860 PS bis zur Volldruckhöhe von etwa 3500 m ü. M.²⁾. Dieser «Kanonenmotor» bedeutete für die Bewaffnung einen bedeutenden Fortschritt. Er erhielt den dreiflügeligen Escher Wyss-Verstellpropeller³⁾, wozu die Firma Saurer

die erforderlichen Aenderungen und Ergänzungen am Motor anbrachte.

Bei Anwendung eines Ladegebläses ist zu beachten, dass die innere Leistung des Motors um den zusätzlichen Leistungsbedarf dieses Gebläses stärker gesteigert werden muss als die Nutzleistung und dass ausserdem der Motor wegen der Temperatursteigerung im Gebläse wärmere Luft erhält.

Um die verfügbaren Fabrikationsmöglichkeiten gut ausnützen zu können, übernahm die Schweizerische Lokomotiv- und Maschinenfabrik Winterthur (SLM) die Herstellung der Zylindergruppen und die Firma Saurer die der Kurbelgehäuse und des gesamten Triebwerkes. Die beiden Firmen teilten sich in den Zusammenbau.

Durch weitere Drehzahlsteigerung, Erhöhen des Ladedruckes und verschiedene kleinere konstruktive Verbesserungen erreichten später die Hispano-Suiza-Werke eine Leistung von 1000 PS bei der selben Volldruckhöhe. Die Uebernahme der Lizenz für die Fabrikation dieses forcierten Typs fiel mit dem Kriegsausbruch zusammen.

Leider erwies sich diese Ausführung noch nicht als betriebsreif: Das Triebwerk genügte der gesteigerten Leistung nicht mehr. Lagerdefekte, Kurbelgehäuserisse und andere Schwierigkeiten waren die Folge. Die Gemischverteilung auf die einzelnen Zylinder war mangelhaft und störte die Regelung. Ein vom Lizenzgeber entwickeltes Gebläse mit höherem Druckverhältnis befriedigte nicht.

In Zusammenarbeit mit der KTA wurde dieser Motor von Saurer und der SLM in mühsamer Arbeit betriebsreif gemacht. Dabei zeigte sich erneut, wie ausserordentlich schwierig es ist, als Lizenznehmer, ohne über die rechnerischen Grundlagen und die Resultate aus Vorversuchen an Einzelteilen und Aggregaten zu verfügen, solche Schwächen zu beheben oder eine Weiterentwicklung durchzuführen. Jeder Kontakt mit dem Lizenzgeber war durch die Kriegereignisse vollkommen unterbunden, ganz abgesehen davon, dass die Hispano-Werke überhaupt nicht mehr in der Lage waren, irgendwelche Entwicklungsarbeit zu leisten. So musste jedes einzelne Problem von der inländischen Industrie von Grund auf neu in Angriff genommen und gelöst werden. Hinzu kamen die bekannten Schwierigkeiten, das erforderliche Material zu beschaffen und das nötige Fachpersonal verfügbar zu halten. Ihre Ueberwindung kostete Geld und Zeit; überdies verlangte sie in hohem Masse Geduld, Takt und gegenseitiges Vertrauen.

Bei dieser Entwicklungsarbeit kam der Firma Saurer sehr zu statten, dass sie schon lange vor Kriegsausbruch von sich aus in Voraussicht einer späteren Entwicklung Versuche mit Benzineinspritzung aufgenommen hatte. Dieses Verfahren⁴⁾ wurde an besonders hierfür gebauten Einzylinder-Versuchsmotoren ausprobiert. Die eine Versuchsreihe bezog sich auf das Viertakt-Verfahren, wobei der Versuchszyylinder zwei Einlass- und zwei Auslassventile aufwies; in einer andern

¹⁾ Vgl. SBZ Bd. 125, S. 233* (12. Mai 1945), S. 295* (23. Juni 1945).

²⁾ Unter Volldruckhöhe versteht man jene Höhe, bei der der Lader den vollen für die Nennleistung nötigen Ladedruck erzeugen kann. Im Gegensatz dazu bezeichnet man als Gleichdruckhöhe jene Höhe, bei der der Lader dem Motor die Verbrennungsluft eben noch mit dem Bodendruck (1 ata) zur Verfügung zu stellen vermag. Im Flug erhöht sich die Volldruckhöhe, indem der der Fluggeschwindigkeit entsprechende Staudruck ausgenützt wird.

³⁾ Vgl. SBZ Bd. 114, S. 84* (12. August 1939); Bd. 124, S. 11* und 12 (1. Juli 1944).

⁴⁾ Vgl. SBZ 1947, Nr. 5, S. 57*.

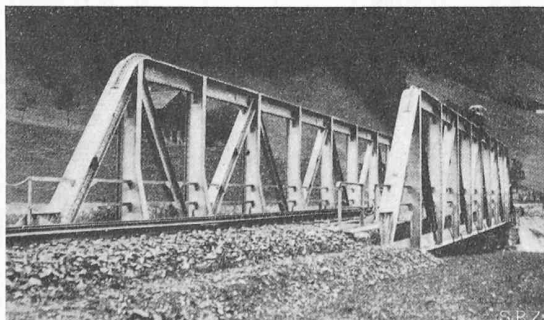


Bild 16. Linthbrücke bei Diesbach

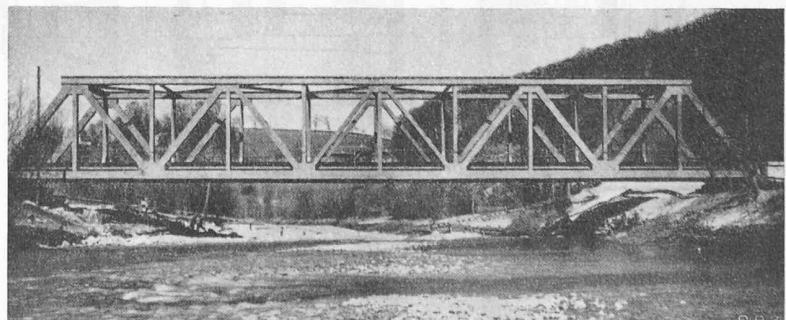


Bild 17. Emmenbrücke Burgdorf

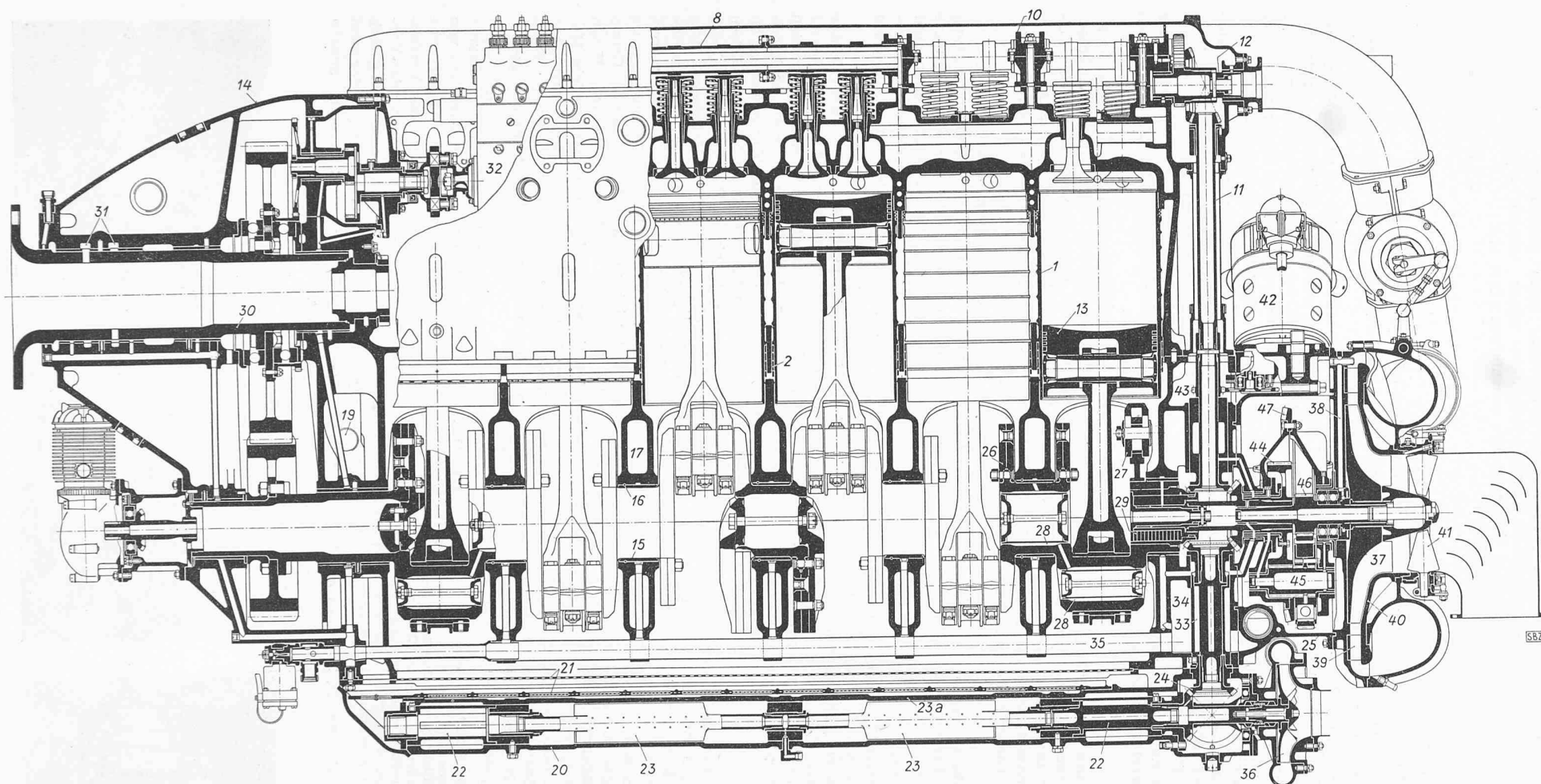


Bild 1. Längsschnitt durch den Saurer-Benzineinspritz-Flugmotor YS-2, Masstab 1:7,5

- | | | | | |
|------------------------------------|--|--|--|---|
| 1 Zylinderlaufbüchsen | 11 Schrägwellen für den Ventil-antrieb | 20 Schmierstoff-Filterdeckel | 28 Schmierölräume in der Kurbelwelle | 38 Sperrluftzufuhr zur Labyrinthdichtung von 37 |
| 2 Dichtungsringe aus Gummi | 12 Zwischenwelle | 21 Oelfilter | 29 Federkupplung | 39 Diffusor |
| 3 Einlassventile } (2 pro Zyl.) | 13 Arbeitskolben | 22 Rückförder-Oelpumpen | 30 Propellerwelle | 40 Vorderwand |
| 4 Auslassventile } | 14 Getriebedeckel | 23 Flügel zum Schleuder-Oel-entlüfter | 31 Nuten für die Steuerölzuführung zum Servomotor der Propellerverstellung | 41 Drallklappenflügel |
| 5 Ventilsitzringe (Spezial-bronze) | 15 Kurbelwellen-Lagerschale | 23a Umgebendes Mantelrohr | 32 Brennstoff-Einspritzpumpe | 42 Zwillings-Zündmagnet «Peravia», HB-12D-2C |
| 6 Zündkerzen | 16 Sicherungsring | 24 Kegelrad für Antrieb von Brennstoff-Zubringerpumpen und Kühlwasserpumpe | 33 Schmieröl-Druckpumpe | 43 Antrieb dazu |
| 7 Einspritzdüsen | 17 Kastenförmige Lagerstege | 25 Gehäuse f. Apparateantrieb | 34 Druckölkammer | 44 Stirnrad zum Laderantrieb |
| 8 Nockenwelle für Einlass-ventile | 18 Kühlluft-Sammelräume (Bild 2) | 26 Gegengewicht | 35 Drucköl-Verteilrohr | 45 Zwischenvorlege |
| 9 Nockenwelle für Auslass-ventile | 19 Rohrstutzen für Kurbelgehäuse-Entlüftung (links), bzw. Anschluss für Tank-entlüftung (rechts) | 27 Dynamischer Schwingungs-dämpfer | 36 Kühlwasserpumpe | 46 Stirnrad auf Laderwelle |
| 10 Nockenwellen-Lager | | | 37 Ladegebläse | 47 Zahnkranz für die Schlupfmaschine |

Versuchsreihe verwendete man einen Zweitakt-Doppelkolbenmotor mit abgeknicktem Zylinder⁵⁾. Beide Verfahren zeitigten sehr gute Ergebnisse; sie erlaubten, der KTA wohl fundierte Vorschläge für die Flugmotorenentwicklung zu unterbreiten.

Die Benzineinspritzung, deren Vorteile inzwischen allgemein bekannt geworden sind, ermöglicht eine gleichmässige Brennstoffzuteilung an alle Zylinder und damit eine gleichmässige Belastungsverteilung. Beim Vergasermotor sind erhebliche Unterschiede zwischen den einzelnen Zylindern feststellbar. Da für die Höchstleistung des Motors naturgemäss die Leistung des höchst belasteten Zylinders massgebend ist, durfte mit dem Uebergang zur Benzineinspritzung eine wesentliche Leistungssteigerung erwartet werden. Ueberdies ermöglicht erst dieses Verfahren eine wirtschaftliche Spülung. Die Spülung verbessert durch Wegschaffen aller Restgase aus dem Zylinder dessen Füllung und bringt zudem eine stark fühlbare thermische Entlastung. Sie ermöglicht also wiederum höhere Zylinderleistungen.

Die KTA entschied sich für das Viertaktverfahren und beauftragte die Firma Saurer zunächst mit dem Umbau von zwei bestehenden Vergasermotoren von 1000 PS auf Benzineinspritzung für eine Leistung von 1250 PS. Die Anordnung der Ventile, Einspritzdüse und Kerzen wurde vom Einzylinder auf den Mehrzylindermotor übertragen. Sie hat sich bis in die letzte Entwicklungsphase hinein ohne Aenderung bewährt. Die Motoren erhielten neue Zylinderblöcke mit vier Ventilen pro Zylinder und zwei Nockenwellen pro Block. Der Antrieb der Brennstoffpumpe wurde vom hinteren Ende der Propellerwelle abgeleitet. Der für die Motorkanone vorzusehende Platz verursachte erhebliche Schwierigkeiten. Als Einspritzpumpe konnte mit einigen Aenderungen eine Pumpe verwendet werden, die damals im Auftrag der KTA für den Daimler-Benz-Flugmotor nachgebaut wurde. Die Herstellung dieser Pumpe brachte eine Fülle von fabrikations- und materialtechnischen Problemen mit sich, die in der Firma Saurer von einer besonderen Pumpenabteilung gelöst wurden.

Ein Jahr nach Auftragserteilung bestand der erste der beiden umgebauten Motoren seine Abnahmeprobe mit einem 50-stündigen Versuchslauf. In Ermangelung eines Höhenprüfstandes musste sodann die Anpassung der Brennstoffregulierung an die Höhenverhältnisse und die verschiedenen Flugzustände in zeitraubenden Flugversuchen auf einem abgeänderten C-36 Flugzeug vorgenommen werden.

Während diese Versuche im Gange waren, musste die serienweise Herstellung des Benzineinspritz-Motors, der die Bezeichnung YS-2 erhielt, vorbereitet werden. Dabei waren die verschiedenen Wünsche der schweizerischen Flugzeug-

werke für die neuen Maschinen C-3604 und D-3802 A sowie auch von denjenigen einheimischen Industrie-Unternehmungen zu berücksichtigen, die sich mit dem Bau des Propellers, der Zubeihörteile und der Hilfsaggregate befassten. Ausserdem verlangte die grössere Leistung eine wesentliche Versteifung und Verstärkung des ganzen Triebwerkes. Dazu kamen eine neue Anordnung der verschiedenen Antriebe für Zubeihöraggregate, eine Neugestaltung des Gebläses mit seinem Antrieb und die Schaffung eines Kommandogerätes, das selbsttätig die verschiedenen Regulierungen von Gebläsedruck, Ladedruck, Drehzahl, sowie die Korrektur der automatischen Brennstoffregulierung koordiniert. Dies alles verlangte eine vollständige Neukonstruktion. Sie soll nachstehend näher beschrieben werden.

B. Beschreibung des Motors YS-2

Der allgemeine Aufbau sowie Anordnung und Konstruktion der einzelnen Organe ist aus den Bildern 1 bis 4 ersichtlich.

1. Die Zylinderblöcke

Die beiden unter 60° angeordneten Zylinderblöcke aus einer Leichtmetalllegierung vereinigen in je einem Gussstück die Kühlmäntel und die Zylinder mit den Ventilmführungen und Gaskanälen für je sechs Zylinder. Die aus nitriertem Stahl hergestellten Laufbüchsen 1 sind an ihrem oberen Ende warm eingeschraubt; sie tragen aussen vier Verstärkungsrippen und dichten unten mit zwei Gummiringen 2 unter Wahrung freier Längenausdehnung den Kühlwasserraum gegen das Kurbelgehäuse ab. Der vom Kühlwasser benetzte Teil der Büchsen ist vernickelt.

Die Ein- und Auslassventile 3 und 4 dichten gegen Sitzringe 5 aus Spezialbronze, die mit konischem Sitz in die Dekkel eingepresst und eingewalzt sind. Symmetrisch zu den Auspuffflanschen sind pro Zylinder zwei Zündkerzen 6 angeordnet. Auf der Innenseite liegen die Einspritzdüsen 7 und die Anlassventile.

Die Ventile bestehen aus hitzebeständigem Spezialstahl. In die hohlen Schäfte sind oben die Ventilpilze eingeschraubt, auf denen die Nocken laufen. Die beiden konzentrischen Federn sind so bemessen, dass jede Feder für sich zum ordnungsgemässen Arbeiten des Ventils genügt. Der obere Federteller greift mit einer Feinverzahnung in die Unterseite des Pilzes ein und sichert so diesen gegen Verdrehen und Lockerwerden. Die Auslassventilschäfte und -Teller sind hohl und zur Verbesserung der Wärmeleitung teilweise mit Natrium gefüllt, das bei +80° C schmilzt, also im Betrieb flüssig ist. Die Sitzflächen der Auslassventile bestehen aus Stellite.

Ueber jedem Zylinderblock liegen zwei hohle Nockenwellen 8 und 9, die eine für die Einlass- die andere für die Auslassventile (pro Zylinder je zwei, also im Ganzen vier Ventile). Jede Nockenwelle läuft in sechs zweiteiligen Lagern 10 aus Leichtmetall. Am hintern Ende werden sie durch pro Block je eine schräge, aus zwei Teilen bestehende Welle 11 über Kegelräder und eine kurze Zwischenwelle 12 mit Stirnverzahnung angetrieben. Die Schrägwellen sind von Schutzrohren umgeben, die an ihrem oberen Ende in den Zylinderblöcken festgeschraubt sind, während sie sich unten am Kurbelgehäuse in Stopfbüchsen axial verschieben können.

Die Arbeitskolben 13 sind aus einer Leichtmetall-Legierung geschmiedet und tragen je vier Kolbenringe. Davon dient der unterste als Oelabstreifring; der oberste ist zylindrisch und die mittleren beiden konisch. Die Kolbenbolzen sind schwimmend ausgebildet und tragen an jedem Ende einen Aluminiumpilz.

2. Das Kurbelgehäuse

Dieses aus einer Leichtmetall-Legierung hergestellte Gussstück besteht aus einem Unterteil, einem Oberteil und

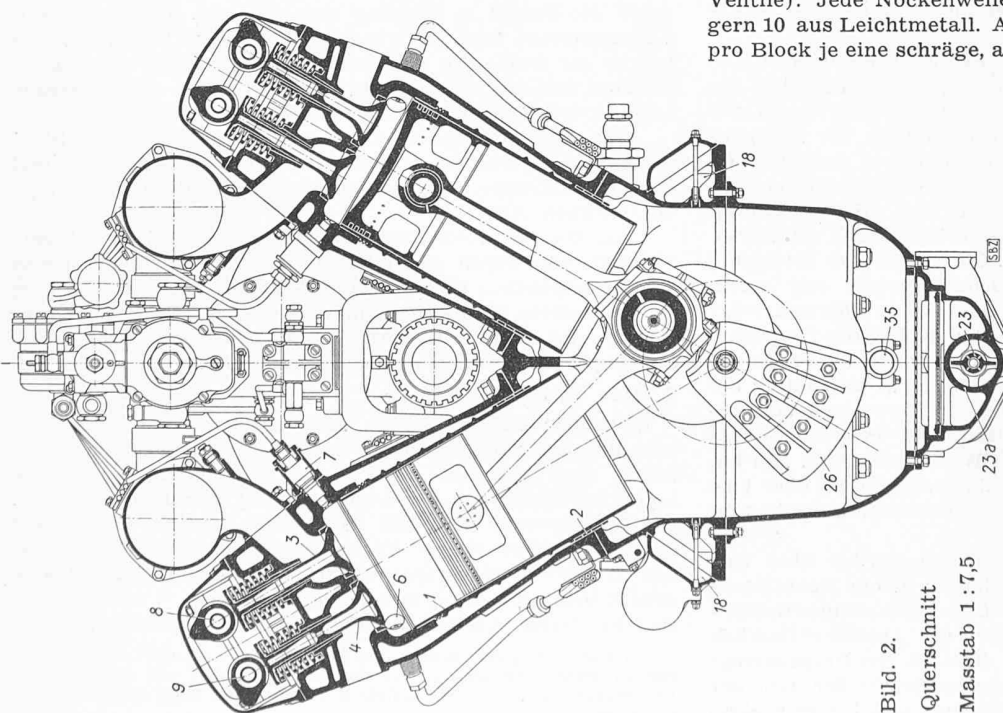


Bild. 2.
Querschnitt
Masstab 1:7,5

⁵⁾ Vgl. SBZ Bd. 124, S. 218* (21. Okt. 1944), Abb. 9.

einem Getriebedeckel 14. In den horizontalen Trennebenen dieser Teile liegen die Kurbelwelle bzw. die Propellerwelle. Die Kurbelwelle ruht auf mit Bleibronze ausgegossenen Stahllagerschalen 15, die in das Kurbelgehäuse eingepresst werden. Gegen axiales Verschieben sichern Stahldrahtringe 16, gegen Drehen Passtiften, die durch den Gehäuseoberteil eingetrieben sind. Die Schalen sind mit Ausnahme der des vordersten Lagers zweiteilig; die Schalen der Lager Nr. 3 bis 8 (von vorn gezählt) sind als Hyperboloide ausgedreht, so dass sie sich genauer an die elastisch verformte Kurbelwelle anpassen. Die Lagerstege der inneren Lager bilden Hohlräume 17, die zwecks zusätzlicher Lagerkühlung im Flug unter Ausnützen des Staudruckes von Luft durchspült werden. Dazu steht jeder Hohlraum je mit einem Lufteintritt- und Austrittsammelraum 18 in Verbindung. Das Kurbelgehäuse wird durch einen Rohrstutzen 19 entlüftet, der links der Kurbelwelle in die hohle Querwand hinter dem kleinen Untersetzungsrad zum Propellerantrieb hineinragt.

Nach unten schliesst ein flacher Deckel 20 das Gehäuse ab; darin sind eingebaut ein Oelfilter 21, die Rückförder-Oelpumpen 22, ein Schleuder-Oelentlüfter, sowie der Antrieb 24 für die beiden Brennstoff-Zubringerpumpen und die Kühlwasserpumpe. Der Filter kann nach Lösen des vorderen schrägen Deckels nach vorn herausgezogen werden. Ein am hintern Ende angeflanshtes Leichtmetallgehäuse 25 umschliesst den Antrieb für den Zwillingsmagnet, das Ladegebläse und den Dynamo, sowie das Oeldruck-Reguliertventil. Der Motor ruht seitlich auf den verbreiterten unteren Flanschen des Kurbelgehäuse-Oberteiles auf der Höhe der Kurbelwellenachse auf seiner Unterlage auf.

3. Das Triebwerk

Die sechsfach gekröpfte Kurbelwelle läuft in acht Gleitlagern. Jede Kurbelwange trägt je ein aus zwei Hälften zusammengebautes Gegengewicht 26, das mit einer am Wangenende ausgedrehten Verzahnung mit diesem verbunden ist. Die Massen des Motors mit seinen sechs zur Motormitte symmetrisch angeordneten Kurbeln sind dynamisch vollständig ausgeglichen; der Motor läuft ohne Gegengewichte ebenso ruhig, wie mit ihnen, im Gegensatz zu den meisten andern Zylinderanordnungen, wie z. B. zum achtylindrigen V-Motor. Dagegen entlasten die Gegengewichte sehr beträchtlich die Hauptlager. In der hintersten Kurbelwange ist in zwei ausgefrästen Nuten der dynamische Schwingungsdämpfer 27 eingebaut. In die durchbohrten Haupt- und Kurbelzapfen sind Rohre eingeschraubt; die so entstehenden Ringräume 28 dienen zum Ueberleiten des Schmieröls nach den Kurbellagern. Eine elastische Federkupplung 29 im hinteren Wellenzapfen überträgt die Bewegung auf die Steuerung und auf die oben genannten Hilfsmaschinen; ihre Nachgiebigkeit gestattet eine Verdrehung von nur wenigen Winkelgraden, die für eine wirksame Dämpfung der Ungleichförmigkeit der Drehbewegung ausreicht.

Die Pleuelstangen der einen Zylinderreihe sind unten gegabelt, und dort mit den zweiteiligen Lagerschalen der Kurbelzapfen fest verbunden. Diese Schalen sind innen auf ihre ganze Länge und aussen auf die Länge der Stangenköpfe der andern Zylinderreihe mit Bleibronze ausgekleidet. Die Kolbenzapfenlager werden durch Broncebüchsen gebildet.

Die hohle Propellerwelle 30 läuft in drei mit Weissmetall ausgefütterten Lagerschalen aus Stahl, von denen die beiden vorderen in der Mitte geteilt sind. Sie erhält ihre Bewegung von der Kurbelwelle über ein Stirnradgetriebe mit einem Untersetzungsverhältnis 1:0,608. Das grosse Zahnrad trägt die beiden Kugel-Spurlager, die den Axial Schub des Propellers in beiden Richtungen aufnehmen. Das vorderste Propellerwellenlager weist zwei umlaufende Nuten 31 auf, durch die das Steueröl dem Servomotor der Propellerstell-Vorrichtung zugeführt wird. Der innere Raum der Propellerwellen-Bohrung bleibt für den Einbau der Bordkanone frei. Ein am grossen Stirnrad angeflanschter Zahnkranz treibt über eine Zwischenwelle die mit der halben Kurbelwellendrehzahl umlaufende Einspritzpumpe 32 an.

Vom vordern Ende der Kurbelwelle werden über entsprechende Zahnradgetriebe angetrieben: 1. ein Nova-Hochdruckkompressor, Typ NA 07, der mit der halben Kurbelwellendrehzahl arbeitet und zum Aufladen der Anlassluftflaschen auf einen Höchstdruck von 75 atü dient; 2. der Propellerregler V 8 zum Escher Wyss-Verstellpropeller^{*)}, der mit der 1,44 fachen Kurbelwellendrehzahl umläuft und 3. eine zusätz-

liche Oelpumpe für Bordzwecke, die die selbe Drehzahl aufweist, wie der Propellerregler. Hinter dem Zylinderblock rechts und axial parallel mit ihm steht der Scintillagenerator für 1200 Watt, der von der Schrägwelle über ein Zwischenzahnrad angetrieben wird und mit der 2,4 fachen Kurbelwellendrehzahl umläuft. Schliesslich befindet sich am hintern oberen Ende des linken Zylinderblocks ein Antriebsgehäuse für Tachometer und Mikropumpe; diese Apparate arbeiten mit der halben Kurbelwellendrehzahl.

4. Die Schmierung

Der Schmierömlauf wird durch eine Druckpumpe 33 bewirkt, die in der hintern vertikalen Bohrung des Gehäuse-Unterteiles eingebaut ist und vom Hauptkegelrad für den Steuerwellenantrieb in Drehung versetzt wird. Im vordern und hintern Ende des untern Deckels befindet sich je eine horizontalaxiale Entleerungspumpe 22. Alle drei Pumpen sind als Zweiflügel-Drehkolbenpumpen konstruiert.

Die Druckpumpe saugt den Schmierstoff aus dem ausserhalb des Motors liegenden Schmierstoffbehälter und drückt ihn zunächst in die Oelkammer 34 im hintern Teil des Kurbelgehäuses. Von dort führt ein unter der Kurbelwelle verlaufendes Verteilrohr 35 das Oel nach den einzelnen Kurbellagern, sowie durch das hinterste Lager zur elastischen Kupplung 29 und zum Getriebe für den Antrieb der Apparate und des Ladegebläses. Im vordern Teil des Kurbelgehäuses führen Bohrungen und eingesetzte Rohrstücke zu den Lagern der Propellerwelle 30 und den Zwischenwellen des Brennstoffpumpenantriebes. Durch Bohrungen in den Kurbelwangen findet das Oel den Weg nach den Schubstangenlagern. Ein Teil des dort abspritzenden Oeles fällt auf die Zylinderlaufflächen und schmiert diese Flächen sowie die Kolbenzapfenlager.

Die Getrieberäder des Propellerantriebes erhalten Schmier-Oel durch Spritzdüsen, die an der zu den Propellerwellenlagern führenden Steigleitung angeschlossen sind. Die vier vordersten Nockenwellenlager sind über pro Block je eine, ausserhalb des Motors liegende Steigleitung mit dem Druckölssystem des Kurbelgehäuses verbunden; die hohlen Nockenwellen verteilen das Oel auf alle Lager und Nockengleitbahnen, sowie auf die Antriebsgetriebe am hintern Ende. Das abfliessende Oel findet den Weg durch je eine freiliegende Leitung am vordern Ende und durch die Schrägwellen-Schutzrohre zum Kurbelgehäuse zurück. Es vereinigt sich dort mit dem aus dem Triebwerk abfliessenden Oel, um durch den Filter in den unteren Deckel zu gelangen, wo es die Entleerungspumpen absaugen und dem Oelbehälter wieder zuführen.

Zur Luftabscheidung aus dem Oel dient die hohle horizontale Welle zwischen den beiden Entleerungspumpen, die mit Flügeln 23 versehen und von einem Rohr 23a umschlossen ist. Die Pumpen 22 fördern das Oel in dieses Rohr, wo es durch die Flügel in Drehung versetzt wird. Die im Innern ausgeschiedene Luft tritt durch viele kleine Bohrungen ins Innere der Hohlwelle und wird von dort durch eine Blende getrennt vom Oel, über eine in der Mitte unten anschliessende Leitung dem Oelbehälter zugeführt.

Der Oeldruck kann an einem Ueberdruckventil eingestellt werden, das am Druckraum 34 angeschlossen ist und das überschüssige Oel nach dem Saugraum der Druckpumpe überströmen lässt.

Am vordern Ende der Hauptleitung wird Drucköl entnommen und durch einen Metallschlauch zu einem aussen am Kurbelgehäuse angeordneten Feinfilter geleitet; von dort führen weitere Metallschläuche das Oel zur Brennstoff-Einspritzpumpe, zum Propellerregler, zu den beiden Brennstoff-Zubringerpumpen und zur Gebläseregelung.

5. Die Motorkühlung

Von den Kühlern fliesst das Wasser der unten am hintern Motorende angeordneten Kühlwasserpumpe 36 zu, die es durch zwei getrennte, mit Gummimuffen angeschlossene Leichtmetalleitungen nach den beiden Zylinderblöcken fördert. Die Pumpenwelle wird auf der Antriebsseite gegen Oel, auf der Pumpenseite gegen Wasser durch je einen Gummiring mit trapezförmigem Querschnitt abgedichtet. Eine Feder drückt beide Ringe an ihre Dichtungsflächen. Undichtheiten sind am freien Auslauf der Federkammer erkennbar.

^{*)} Dieser Regler umfasst das Fliehkraftpendel, die Oelpumpe für den Propeller-Servomotor und den Steuerschieber mit einstellbarer Belastungsfeder. Vgl. SBZ Bd. 127, S. 295* (15. Juni 1946), speziell Bild 13 auf S. 299.

Legende zu Bild 3 und 4:

- 50 Ladedruckregler
- 51 Kugelschieber zur Drosselung des Ladedruckes
- 52 Temperaturfühler
- 53 Brennstoff-Zubringerpumpe
- 54 Kühlwasserpumpe
- 55 Kabelrampe
- 56 Zwillings-Zündmagnet
- 57 Tachometer, nebenan HD-Oelpumpe
- 58 Kommandogerät
- 59 Gashebel
- 60 Hebel zur unabhängigen Drehzahlverstellung
- 61 Propellerregler zum Escher Wyss-Verstellpropeller
- 62 Benzinventilflüster, rechts davon Einspritzpumpe
- 63 Kühlwassereintritt
- 64 Oeleintritt vom Tank
- 65 Druckluftverteiler zur Anlassvorrichtung
- 66 Scintillagenerator
- 67 Nova-Hochdruckkompressor
- 68 Drucköl-Spaltfilter
- 69 Drucköl-Zuleitung zu den Steuerwellen

Für die hier nicht angeführten Zahlen s. Legende zu Bild 1 u. 2

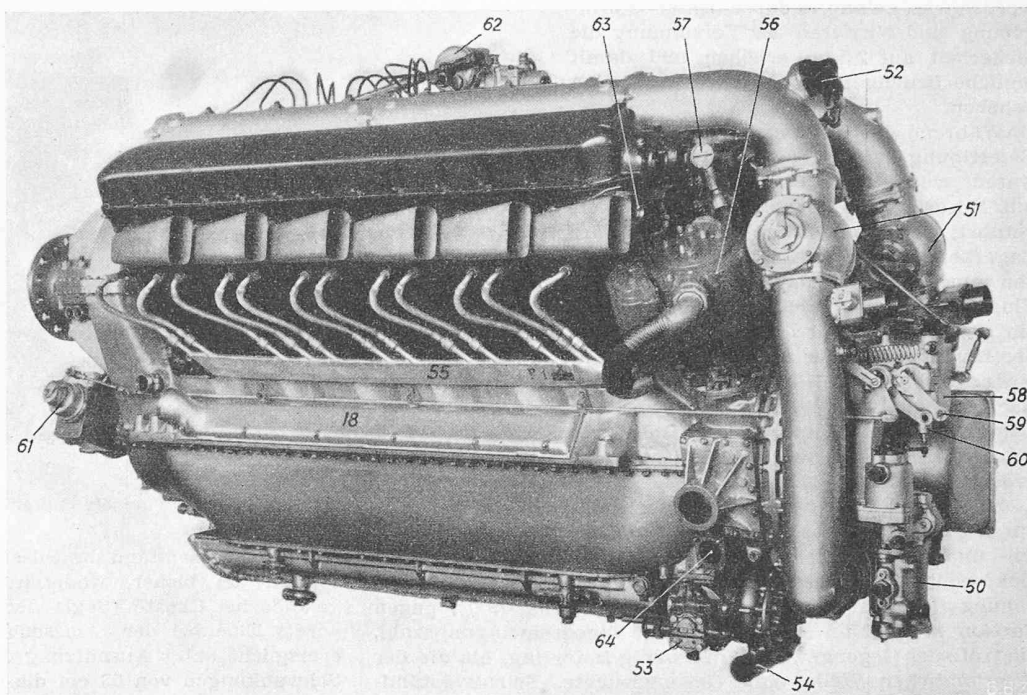


Bild 3. Ansicht von der Zündmagnetseite

Das Kühlwasser durchströmt die Kühlräume der beiden Zylinderblöcke, tritt vorn aus, gelangt in die Kühler und von diesen wieder zur Pumpe zurück.

6. Entwicklung der Kurbelwelle

Es lohnt sich, die Entwicklungsgeschichte des Motors am Beispiel der Kurbelwelle etwas eingehender zu verfolgen. Dabei muss bemerkt werden, dass sozusagen jedes einzelne Konstruktionselement des Motors YS-2 einen ähnlich mühsamen und langen Werdegang hinter sich hat. Schon beim Vergasermotor von 1000 PS erwiesen sich die Weissmetallager den bei Vollast auftretenden Flächendrücken nicht mehr gewachsen. Eine wesentliche Verbesserung war nur durch Stahlschalen mit Bleibronzeausguss zu erwarten. Die Herstellung solcher Lagerschalen — die Pleuellager weisen sogar innen und aussen Bleibronzebeläge auf — musste in der Schweiz erst aufgenommen werden. Die Firma Saurer hat unter vielen Schwierigkeiten und mit anfänglich riesigen Ausschussquoten dieses Problem gelöst. Nach verhältnismässig kurzer Zeit erreichten diese Lagerschalen eine Qualität, die sich mit jedem ausländischen Fabrikat messen konnte.

Für hochbelastete Bleibronzelager ist aber unbedingt eine harte Wellenoberfläche notwendig. Der SLM gelang es, nach einigen Schwierigkeiten, die bestehenden fertigen Wellen zu nitrieren, obwohl die Wellen nicht aus besonderem Nitrierstahl hergestellt waren. Das anfänglich starke Verziehen konnte später an neuen Wellen bei Saurer durch eine andere kompliziertere Wärmebehandlung während der Fabrikation vermieden werden.

Neue Schwierigkeiten verursachte die Befestigung der Gegengewichte, die bei der vorgesehenen Leistungssteigerung zur Verringerung der mittleren Lagerbelastungen nötig wurden. Die Kurbelwellenrohlinge, die vor Kriegsausbruch aus dem Ausland bezogen wurden, mussten nachher im Inland hergestellt werden. Den von Roll'schen Eisenwerken in Gerlafingen gelang in verhältnismässig kurzer Zeit die Erzeugung

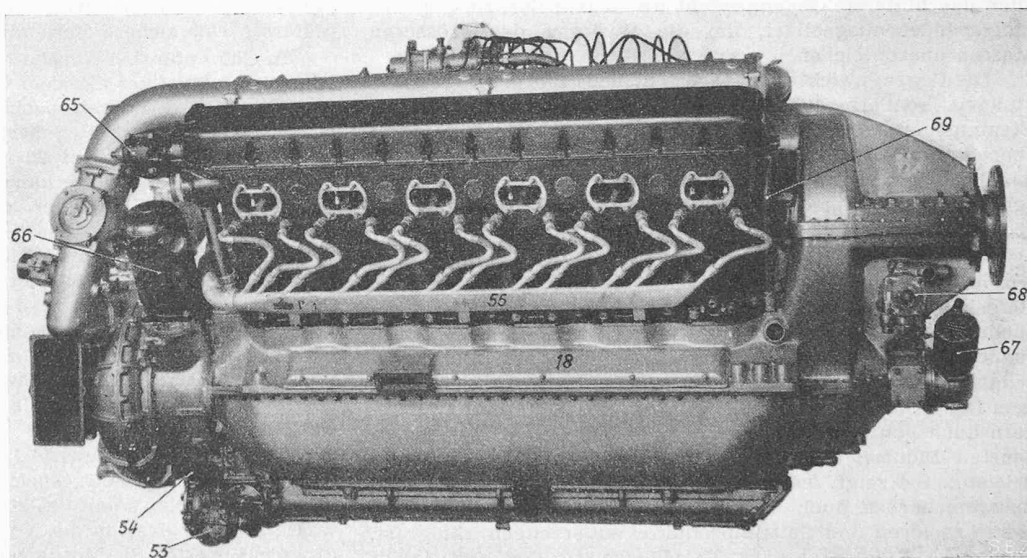


Bild 4. Ansicht von der Generatorseite

des hochlegierten Stahls. Die grösste vorhandene Schmiedepresse erlaubte eben noch das Ausschmieden der Welle, jedoch ohne Gegengewichte. Für deren Befestigung konnten an den Kurbelwangen jeweilen nur noch 16 mm hohe Lappen vorgesehen werden. Zur Verbindung musste eine Planverzahnung gewählt werden, deren Herstellung erhebliche Kosten verursachte.

Der mit dieser Befestigung versehene erste Motor hatte bereits auf dem Prüfstand mehrere hundert Stunden Probelauf hinter sich und damit die Grenze für Dauerwechselbrüche weit überschritten, als später an zwei anderen gleich gebauten Motoren je eine Gegengewichtbefestigung brach. Die hierdurch veranlassten nochmaligen eingehenden Berechnungen und Schwingungsuntersuchungen ergaben, dass die Querschwingungen der Gegengewichte, die durch die Kolbenkräfte erregt werden, eine höhere Frequenz aufweisen als ursprünglich angenommen wurde. Die entsprechenden Kräfte sind also wesentlich grösser und die tatsächliche Sicherheit betrug nach der verfeinerten Berechnung nur rd. 1,1. Dieses Ergebnis macht verständlich, warum der erste Motor auf dem Prüfstand durchhielt, während bei zwei andern Maschinen Brüche auftraten. Nachdem die Bruchursache eindeutig festgestellt

worden war, gelang es durch bessere Formgebung und Nitrieren der Verzahnung die Sicherheit auf 2,5 zu erhöhen und damit jegliche Bruchgefahr an dieser Stelle zu beheben.

Während die Untersuchungen über die Befestigung der Gegengewichte im Gange waren, wurde das Versuchsflugprogramm mit Motoren ohne Gegengewichte weitergeführt, wobei wesentlich höhere mittlere Lagerbelastungen in Kauf genommen werden mussten. Dass dabei der Motor viele Flugstunden ohne Nachteil durchhielt, ist ein guter Beweis für die Zweckmässigkeit der Konstruktion der neuen Kurbelwellenlager. Neben der Härte spielt die Oberflächenbeschaffenheit der Welle an den Lagerstellen eine entscheidende Rolle. Ihr wurde bei der Fabrikation denn auch die grösste Sorgfalt gewidmet.

Schliesslich konnte die Kurbelwelle durch tonnenförmiges Ausbohren der Wellen- und Kurbelzapfen und durch Vergrössern der Wangendicke weiter beträchtlich verstärkt werden. Die erzielte Erhöhung der Festigkeit gegen Biegung betrug 19%, gegen Torsion 45%. Man erreichte so eine Eigenschwingungszahl, die trotz der Gegengewichte nur wenig tiefer lag, als die der ursprünglichen Welle ohne Gegengewichte. Selbstverständlich konnte die Verstärkung der Wangen nur auf Kosten der Lagerbreite vorgenommen werden, da die Zylinderdistanz nicht geändert werden durfte. Bei dieser Gelegenheit wurde auch das hinterste Gegengewicht als drittes Sarazin-Schwingungsspendel ausgebildet, um die Wirkung der grösseren Massen auszugleichen.

Die Gegengewichte verringerten nicht nur die Lagerbelastungen, sondern auch die vom Gehäuse aufzunehmenden Biegemomente, von denen diejenigen in der Horizontalebene gefährlich werden können, weil das Widerstandsmoment des Gehäuses in dieser Ebene am kleinsten ist. Tatsächlich verschwanden mit dem Einbau der Gegengewichte die auch beim 1000 PS-Vergasermotor aufgetretenen Kurbelgehäuserisse.

Aehnlich, wie hier am Beispiel der Kurbelwelle gezeigt wurde, mussten auch bei den meisten andern Einzelteilen Berechnung und Konstruktion durch zahlreiche Einzelversuche ergänzt werden. Dafür waren jedesmal neue Untersuchungsmethoden auszuarbeiten und neue Vorrichtungen zu schaffen. So wurde in aller Stille und unter ständigem starkem Druck der Termine nicht nur von den Motorbauern, sondern auch von zahlreichen andern Firmen aus den verschiedensten Industriekreisen eine gewaltige Entwicklungsarbeit geleistet. Sie zeigt, dass die einheimische Industrie bei guter Zusammenarbeit auch sehr schwierige und verwickelte Probleme zu lösen und Spitzenprodukte zu erzeugen fähig ist, wie es der Flugmotor darstellt. Gleichzeitig darf festgestellt werden, dass alle Beteiligten aus dieser Zusammenarbeit für sie wertvollste Anregungen empfangen, die auch ihre übrigen Konstruktionen und Fabrikationsmethoden befruchteten. Das sind positive Auswirkungen, die ein Lizenzbau allein niemals hervorbringen kann.

(Schluss folgt)

Regulierung und Nutzung der Oberengadinerseen

DK 627.175 (494.261.4)

Am 28. Oktober 1947 fand die Kollaudation der im vergangenen Sommer durch das EW der Gemeinde St. Moritz durchgeführten Baggerungs- und Bauarbeiten für die Regulierung und Nutzung des Silser-, Silvaplana- und Champfèrersees statt¹⁾. Die Arbeiten umfassen:

In Maloja: Die Geschiebesperren im untern Teil des Val Pila, die Korrektur des jungen Inn in seinem Lauf vom Palace Hotel Maloja bis in den Silsersee. Durch diese Korrektur wird der bisherige Sumpf unterhalb des Weilers Capolago (Maloja) entwässert und die Sumpfwiesen im Laufe der Zeit in nutzbares Wiesland verwandelt.

In Segl-Baselgia: Die Korrektur des Ausflusses des Inn zwischen Silsersee und Lej Glazöl. Durch Ausbaggerung und Tieferlegung des Flussbettes kann zukünftig der mittlere

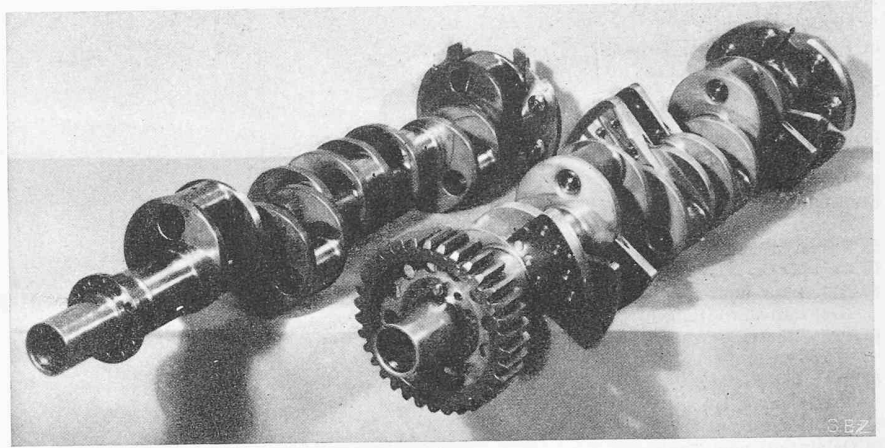


Bild 5. Kurbelwellen, links Hispano-Motor 1000 PS, 47 kg; rechts Saurer Motor YS - 2 bis - 4, 1500 PS, 80 kg

Sommer-Wasserstand des Silsersees um 30 cm tiefer reguliert werden als bisher, wodurch das stark versumpfte Ufergelände bei Chastè (Segl), Isola und Maloja trocken gelegt wird. Eine bei der Strassenbrücke erstellte Regulierklappe ermöglicht unter Ausnutzung der jahreszeitlichen Seespiegelschwankungen von 53 cm die Gewinnung von rund 0,22 Mio kWh Winterenergie im Kraftwerk Islas des EW St. Moritz.

In Silvaplana-Surlej: Die durch die See-Enge durchgebagerte Niederwasserrinne, die auch bei den tiefsten Frühjahrswasserständen zwischen dem Silvaplana- und Champfèrersee eine sichere Verbindung gewährleistet.

In Champfèr, bei Buocha da sela: Die Korrektur des Inn von seinem Ausfluss aus dem Champfèrersee bis oberhalb der Einmündung des Suvrettabaches und die dortige Wehranlage, bestehend aus zwei Regulierklappen von je 10 m Breite. Durch Ausbaggerung auf 20 m Breite und Tieferlegung des Flussbettes um rd. 80 cm kann künftig der mittlere Sommerwasserstand des Silvaplana- und Champfèrersees um 30 cm tiefer reguliert werden. Diese Seeregulierung bildet die Voraussetzung für das endlich richtige Funktionieren bestehender und die Ausführbarkeit seit Jahrzehnten penderter Meliorationswerke (z. B. Suot ovas bei Segl-Maria mit 50 ha Wiesgelände) und die Trockenlegung aller versumpften Uferwiesen. Die Wehranlage ermöglicht unter Ausnutzung der jahreszeitlichen Seespiegelschwankungen von 69 cm die Gewinnung von weiteren 0,22 Mio kWh Winterenergie im Kraftwerk Islas.

Neben der energiewirtschaftlichen Nutzung der in den Oberengadinerseen aufgespeicherten Winter-Wasserreserven kann durch die damit entstehende Erhöhung der Winterwasserführung des Inn der Vorfluter für die Kanalisation des grossen Kurortes St. Moritz mit der doppelten Frischwassermenge dotiert werden; dies bedeutet einen willkommenen Beitrag für die Reinhaltung der Fischereigewässer. Im Zusammenhang mit den Wehrbauten in Segl und Champfèr konnten dort zusätzlich interessante fischereitechnische Neuerungen geschaffen werden. Alle technischen Bauten sind der Landschaft gut angepasst, sodass auch die Wünsche des Natur- und Heimatschutzes weitgehend befriedigt sein dürften.

Die angeführten Bauarbeiten von Maloja bis Champfèr sind eine Gemeinschaftsarbeit der Territorialgemeinden Stampa im Bergell, Sils/Segl, Silvaplana einerseits und St. Moritz andererseits, auf Grund einer 29 Jahre laufenden Wasserrechtskonzession zugunsten des Elektrizitätswerkes der Gemeinde St. Moritz. Damit ist im Jahre 1947 eine Idee verwirklicht worden, die in allen möglichen Varianten seit dem Jahre 1898 die Gemüter weit über die engeren Grenzen des Engadins leidenschaftlich erregt hat. Die erstmals 29 Jahre laufenden Wasserrechtskonzessionen, sowie alle für die Regulierung und Nutzung notwendigen baulichen Eingriffe sind im 99-jährigen Vertrag der indessen realisierten Silsersee-Naturschutzreservation des Natur- und Heimatschutzes ausdrücklich genehmigt.

Die wasserwirtschaftlichen Vorteile beschränken sich aber nicht allein auf die Erhöhung der Winterproduktion des Kraftwerkes Islas um rd. 0,5 Mio kWh, sie vervielfachen sich

¹⁾ Vgl. SBZ Bd. 122, S. 107* (4. September 1943).