

Der Luftschiffmotor von Esnault-Pelterie

Autor(en): **Imfeld, Karl**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizerische Bauzeitung**

Band (Jahr): **51/52 (1908)**

Heft 18

PDF erstellt am: **21.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-27510>

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.

INHALT: Der Luftschiffmotor von Esnault-Pelterie. — Wasserkraftanlagen der Vereinigten Kander- und Hagnekwerke A.-G. in Bern. — Das Verwaltungsgebäude des „Motor“ Aktiengesellschaft für angewandte Elektrizität in Baden. — Mitteilungen der Schweizerischen Studienkommission für elektrischen Bahnbetrieb. — Wettbewerb für ein Schulhaus in Monthey (Wallis). — Internationaler Kongress der Kälte-Industrie in Paris vom 5. bis 12. Oktober 1908. — Das alte historische Museum in Bern. — Miscellanea: Landwasser-Viadukt bei Wiesen. Bautechniker und Akademiker. Die erste

Einphasenwechselstrom-Bahn Kanadas. Der Perspektivschieber. Rheinregulierung und Diepoldsauer-Durchstich. Das Heiligenbergschulhaus in Winterthur. Vom Lötschberg-tunnel. Internat. Automobil-Lastwagen-Konkurrenz in Oesterreich. Schweiz. Bundesgesetzgebung über Ausnützung der Wasserkräfte. Schweiz. Binnenschifffahrt. Seminar für Städtebau. Eidgen. Polytechnikum. Nationalbankgebäude in Bern. — Literatur. — Vereinsnachrichten: Bernischer Ingenieur- und Architekten-Verein, Zürcher Ingenieur- und Architekten-Verein. G. e. P.: Stellenvermittlung.

Bd. 52.

Nachdruck von Text oder Abbildungen ist nur unter der Bedingung genauer Quellenangabe gestattet.

Nr. 18.

Der Luftschiffmotor von Esnault-Pelterie.¹⁾

Von Karl Imfeld, Ingenieur.

Bekanntlich bildet der Motor das Lebenselement aller Luftfahrzeuge und gerade der letzte schwere Unfall des Zeppelinschen Luftschiffes zeigt, in welchem Masse der Erfolg schliesslich von der Betriebssicherheit des Motors abhängig ist. Es dürfte bekannt sein, dass die Motorenbauer es schon auf das geringe spezifische Gewicht von 0,7 kg/PS herunter gebracht haben, welches Resultat wir wohl als ein ganz hervorragendes bezeichnen dürfen. Allein wenn wir diese Motoren nach den Grundsätzen, die die Maschinenbaukunde anwendet, genau durchrechnen, sehen wir, dass dies nur geschehen konnte unter Zulassung äusserst hoher Beanspruchungen. Folgen davon waren dann meistens Brüche, Anfressen oder sogar Schmelzen von Lagern usw.

Einen neuen interessanten Vorschlag macht Rob. Esnault-Pelterie und ich habe gerne die Anregung von Herrn Prof. Dr. Stodola befolgt, diesen Motor in bezug auf Konstruktion, Beanspruchung usw. etwas genauer durchzurechnen und nehme an, dass auch weitere Kreise des Maschinenbaues ein Interesse an dem Ergebnis dieser Untersuchung nehmen werden.

In Abbildung 1 (S. 231) ist der Motor in Ansicht von der hintern, der Steuerungsseite her dargestellt; Abbildung 2 und 3 (S. 230 und 231) zeigen die Einzelheiten in Schnitten. Eine Anzahl (z. B. sieben) Zylinder sind radial, in zwei Gruppen angeordnet, die eine zu vier, die andere zu drei Zylindern, je an einer Kurbel angreifend. Der Grundgedanke ist folgender: Denken wir uns eine ungerade Anzahl im Viertakte arbeitender Zylinder auf einem Kreise angeordnet (Abb. 4) und lassen wir die Verpuffungen in der Reihenfolge vor sich gehen:

1 · 3 · 5 n - 2 · n · 2 · 4 n - 1
so erhalten wir auf zwei Umdrehungen n Arbeitstakte in genau gleichen Zeitintervallen, somit ein vollständig gleich-

¹⁾ Da der «leichte Benzinmotor» in der Luftschiffahrt eine so bedeutende Rolle spielt, glauben wir, dass bei dem gegenwärtigen Aufschwung dieses Zweiges der Technik den Lesern der Bauzeitung die Schilderung eines solchen Motors willkommen sein wird. Als ein geeignetes Beispiel aus der grossen Zahl der leichten Motoren erschien uns der Fächermotor von Rob. Esnault-Pelterie in Billancourt bei Paris, der im Dezemberheft 1907 der «Mémoires de la société des Ingénieurs civils de France» aus der Feder des Konstrukteurs eine eingehende Darstellung erfahren hat. Herr Esnault-Pelterie hat für diesen Motor am 19. Juni d. J. den einzigen jährlichen Grand Prix der genannten Gesellschaft erhalten; er wie auch die Schriftleitung der «Mémoires etc.» haben uns in bereitwilligster Weise die Clichés zu den Abbildungen 1, 2, 3 und 6 zur Verfügung gestellt, während Herr Prof. Dr. A. Stodola die Freundlichkeit hatte, durch seinen Assistenten Ingenieur Karl Imfeld die textlichen Angaben verfassen zu lassen. Vorliegende Arbeit ist die Frucht der sehr eingehenden rechnerischen Untersuchungen Imfelds, die u. a. zu einem in Abbildung 2a dargestellten Vereinfachungsvorschlag geführt haben. Die Red.

mässiges Tangentialkraft-Diagramm, was das Weglassen grösserer Schwungmassen gestattet. Dieser Punkt darf als einer der Hauptvorteile des neuen Motors hervorgehoben werden.

Sehr einfach gestaltet sich durch diese Anordnung die Steuerung. Gehen wir beispielsweise von dem 7-zyl. Motor aus. (Esnault-Pelterie baut einen 5- und einen

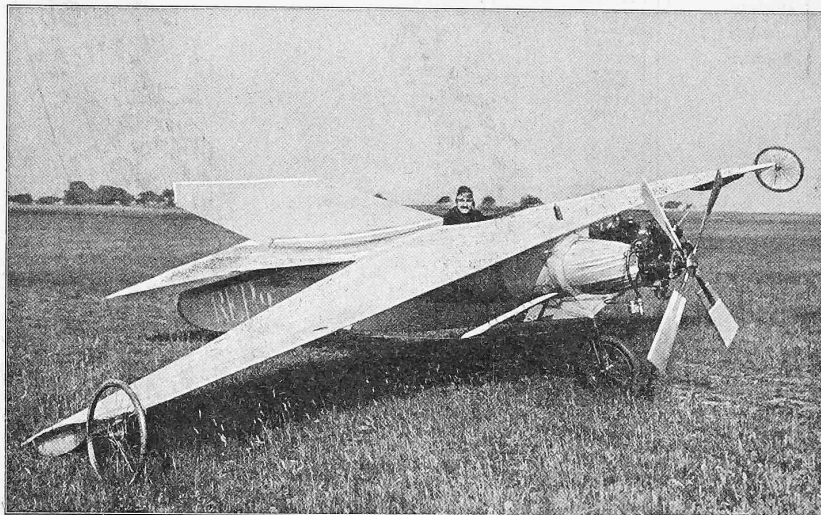


Abb. 8. Einbau des Fächermotors in den Drachenflieger Esnault-Pelterie No. 2.

7-zyl. Motor) und denken wir uns die Steuerwelle im entgegengesetzten Sinne zur Kurbelwelle rotierend, so sei zur Zeit 0 ein Nocken der Steuerscheibe vor Zylinder I (Abb. 5).

Die Kurbel legt nun den Winkel $2 \cdot \frac{2\pi}{7}$ zurück, worauf die nächste Zündung erfolgen soll, also ein Nocken gegenüber Zylinder III stehen muss. Da Zylinder II zur Zeit noch nicht zünden darf, so sind wir gezwungen, einen neuen Nocken für III hinzustellen, er bilde zur Zeit 0 den Winkel x mit Zylinder III. Nach zwei vollen Umdrehungen der Kurbelwelle muss dieser Nocken vor Zylinder I zustehen kommen, d. h. er muss, nachdem die Kurbelwelle

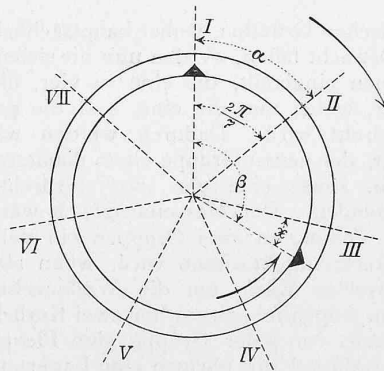


Abb. 5.

den Winkel 4π beschrieben hat, den Winkel $2 \cdot \frac{2\pi}{7} + x = \beta$ zurückgelegt haben. Es ist daher $\frac{\beta}{x} = \frac{4\pi}{2 \cdot \frac{2\pi}{7}} = 7$ und $x = \frac{\beta}{7}$

$$\beta = \frac{4\pi}{7} + x = \frac{4\pi}{7} + \frac{\pi}{7} = \frac{5\pi}{7}$$

Unsere Steuerscheibe erhält daher drei Nocken und dreht sich, während der Motor zwei Umdrehungen macht, um den Winkel $\beta = \frac{2\pi}{3} = \frac{4\pi}{6}$, läuft also 6 mal langsamer und im entgegengesetzten Sinne als die Welle.

Liessen wir die Steuerscheibe mit der Welle im gleichen Sinne rotieren, so würde $\beta = 2\alpha - x$

$$\beta = \frac{4\pi}{7} - x = \frac{4\pi}{7} - \frac{\beta}{7} = \frac{4\pi}{8} = \frac{2\pi}{4}$$

Wir müssten daher vier Nocken anbringen, die Scheibe 8 mal langsamer rotieren lassen, was ungünstigere Verhält-

einen weitem Hub von 6 mm schliesst der Auslasschieber und werden gleichzeitig die Einlasschlitze frei gelegt. Es scheint zwar, dass eine Ausdehnung des innen und aussen geführten Schiebers, wie sie ja durch die hohen Abgas-temperaturen bedingt ist, leicht Klemmungen veranlassen könnte; diese Ventilanordnung ist daher wohl etwas

Abb. 2 a.
Abänderungs-
Vorschlag
für
Steuerungs-
antrieb
und
Ventil.

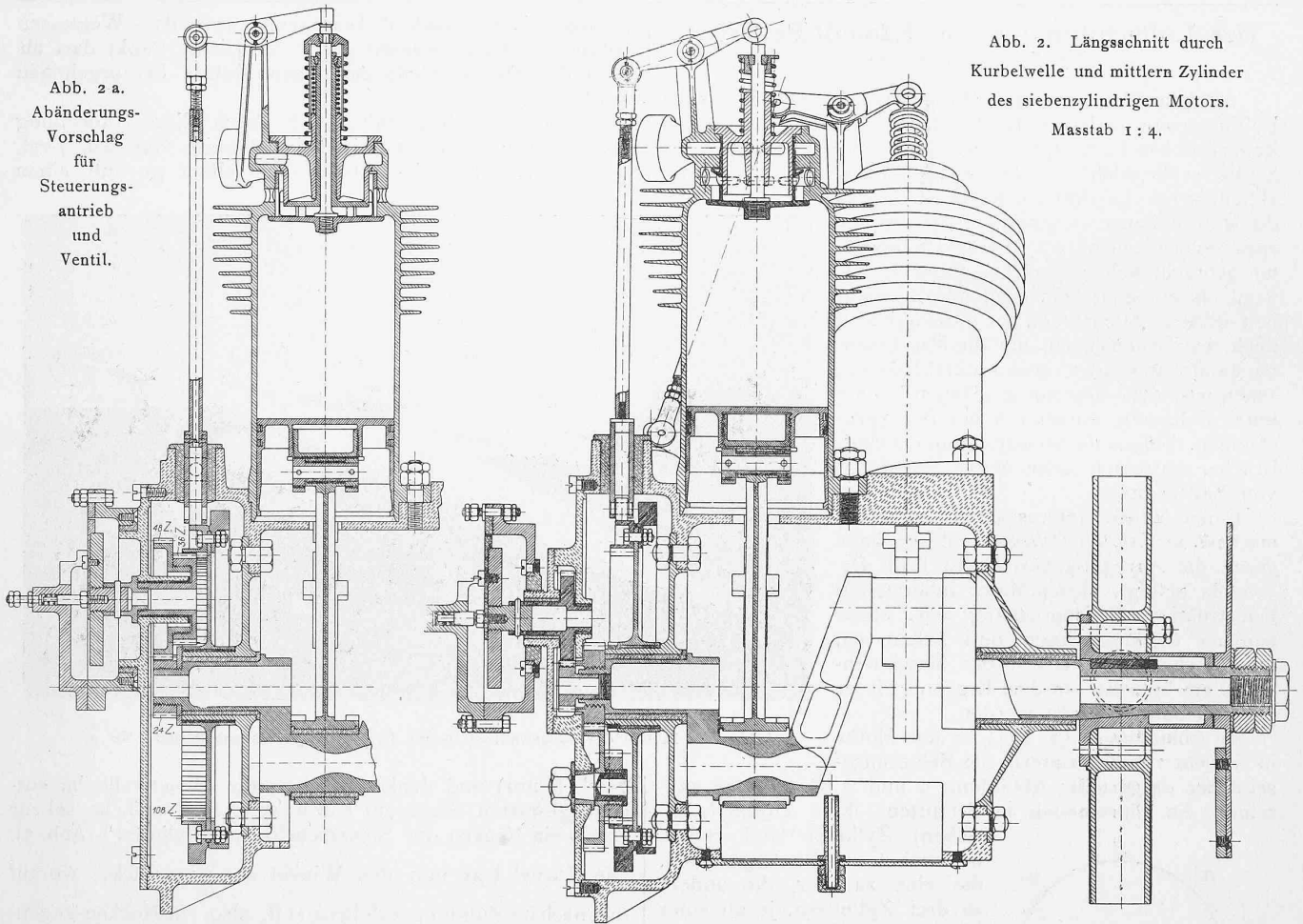


Abb. 2. Längsschnitt durch
Kurbelwelle und mittlern Zylinder
des siebenzylindrigen Motors.
Masstab 1 : 4.

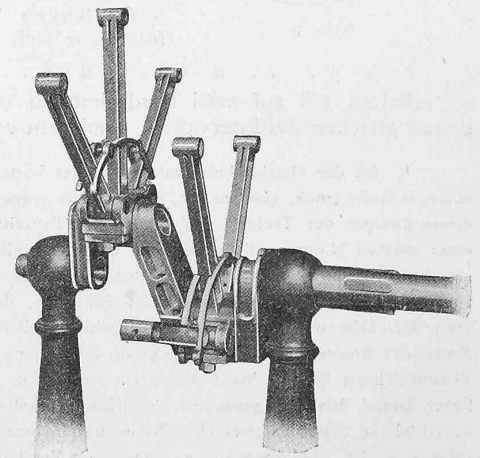
nisse ergibt. Aus praktischen Gründen, wobei hauptsächlich die der Schmierung in Betracht fallen, werden nun die sieben Zylinder in zwei Gruppen eingeteilt, die eine zu vier, die andere zu drei Zylinder, wobei nun die eine, z. B. die 4er Gruppe um 180° verdreht wird. Dadurch werden wir allerdings auch genötigt, der neuen Gruppe einen diametral gelegenen Kurbelzapfen, sowie eine um 180° verdrehte neue Steuerscheibe zuzuteilen. Der Massenausgleich wäre selbst noch bei dieser Teilung in zwei Gruppen ein vollständiger, was durch Rechnung bewiesen wird, wenn alle Pleuelstangenköpfe denselben Kreis um die Wellenachse beschreiben würden. Um jedoch im ganzen nur zwei Kurbelzapfen zu benötigen, greift von jeder Gruppe eine Pleuelstange am Zapfen an, während die übrigen eine Lagerung um die Pleuelstangenköpfe herum erhalten (Abb. 6). Durch diese Anordnung werden jedoch die einzelnen Kurbelwege stark geändert und verschoben, sodass auch die einzelnen Hübe nicht mehr gleich bleiben. Es lag daher nahe, die Tangentialkraft und Massendruckdiagramme auf graphischem Wege nachzurechnen. Es zeigte sich jedoch, dass die Verschiebung der Pleuelstangenlagerungen nur geringe Abweichungen der neuen Massendruckkurven von den gerechneten ergibt, sodass noch immer ein fast vollkommener Ausgleich vorhanden ist.

Von der üblichen Bauart abweichend sind Ein- und Auslassventil, die aus einem einzigen Stück bestehen. Durch einen ersten Hub von 4 mm wird der Auslass eröffnet, während der Einlasschieber noch geschlossen hält. Durch

gewagt. ! Einen Verbesserungsvorschlag für die Ventilkonstruktion zeigt Abbildung 2 a.

Die beiden Hauptlager weisen maximale Pressungen von 60 kg/cm² auf, die grossen Kurbelzapfen solche von

Abb. 6.
Kurbelwelle
mit
Pleuelstangen.



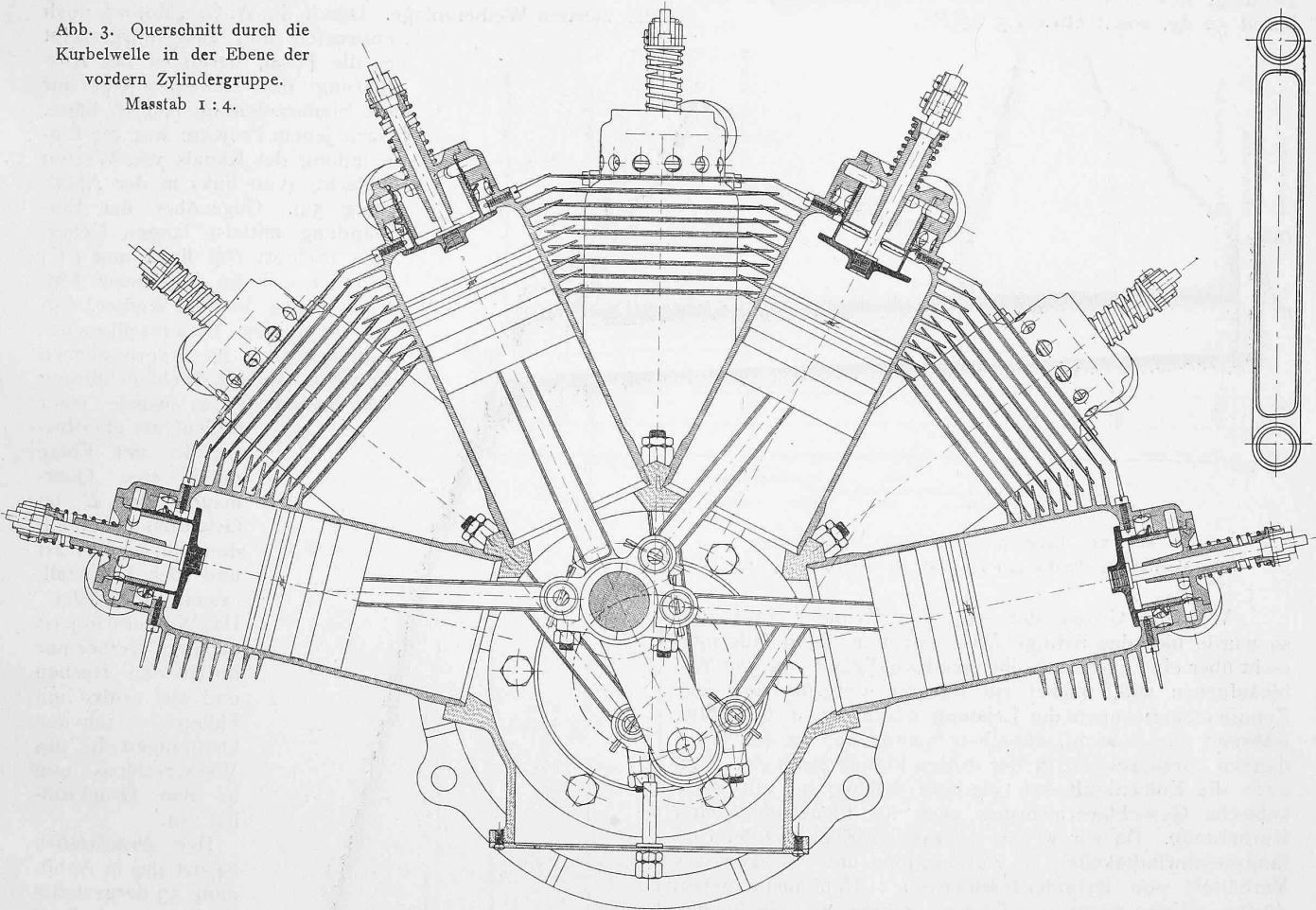
80 kg/cm² ($\bar{p} \cdot u = 35$) und die um den Kurbelzapfen gelagerten Pleuelstangenenden solche von 160 kg/cm², ebenso die Lagerungen der Pleuelstangen im Kolben. Da die relativen Geschwindigkeiten dieser auflagernden Teile gegen-

einander nur gering sind, so dürften diese Werte bei normaler Lagerung als zulässig erachtet werden. Dies trifft jedoch hier nicht zu. Der Kopf der Stange ist nämlich durchbohrt und gleitet aussen auf einer Schale, während ein hohler Zapfen durch die Bohrung hindurchgeht und

welle in drei stärkst beanspruchten Lagen (1. Zylinder IV Explosion; 2. maximaler Tangentialdruck Zylinder IV; 3. Zwischenlage) ergibt ideale Spannungen bis 1800 kg/cm^2 auf der Oberfläche der Welle und in den Mitten der beiden Wellenkröpfe an einer Stelle sogar eine maximale Torsions-

Der Luftschiffmotor von Esnault-Pelterie.

Abb. 3. Querschnitt durch die Kurbelwelle in der Ebene der vordern Zylindergruppe. Masstab 1:4.



so mittragen hilft. Durch sorgfältiges Einschleifen beider Teile soll diese doppelte Lagerung zustande gebracht werden und durch wechselweise Abnützung des jeweils stärker auflagernden Teiles erhalten bleiben. Es ist wohl nicht aus-

spannung von $\tau_{max} = 2900 \text{ kg/cm}^2$! Dieses τ_{max} für einen I-förmigen Querschnitt wurde gerechnet nach einer mir von Prof. Dr. Stodola angegebenen Formel

$$\tau_{max} = \frac{3 M d}{8 a_1^2 \left(b_1 + 2 b_2 \frac{a_2^3}{a_1^3} \right)}$$

und tritt auf in der zweiten der untersuchten Lagen (maximaler Tangentialdruck von Zylinder IV) im Punkte A des Querschnitts (Abb. 7). Eine solch hohe Beanspruchung muss aber als durchaus unzulässig beanstandet werden.

Am Stirnende der Kurbelwelle ist eine Uebersetzung auf die Zündscheibe von 1:2 angebracht, ebenso eine solche von 1:6 auf die unrunde Scheibe. Es liessen sich diese beiden Uebersetzungen nach Abbildung 2a vereinigen, wodurch wieder zwei Zahnräder in Wegfall kämen.

Die einzelnen Zylinder werden durch Rippen gekühlt. Der Konstrukteur bringt bei seinem Flugapparat,¹⁾ für den der Motor bestimmt ist, den Propeller vor dem Motor an und will dadurch einer Wasserkühlung aus dem Wege gehen.

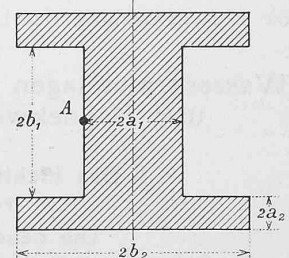


Abb. 7.

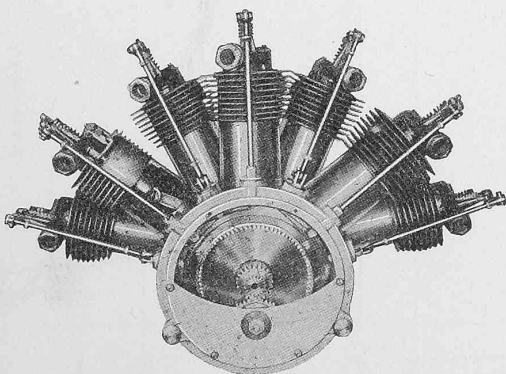


Abb. 1. Ansicht des siebenzylindrigen Fächermotors von der hintern, bezw. der Steuerungsseite.

geschlossen, dass bei nur einseitiger Lagerung, wie sie sicherlich zeitweise auftreten kann, wobei dann die spez. Pressung 300 kg/cm^2 übersteigt, ein Anfressen der reibenden Teile stattfinden wird.

Eine Durchrechnung der doppelt gekröpften Kurbel-

¹⁾ Vergl. auch Bd. LI, S. 227 mit Abbildungen.

Für grössere Einheiten und dauernden Betrieb dürfte die Luftkühlung wohl kaum mehr genügen. Die Anordnung des Motors auf dem neuesten Modell von Esnault-Pelteries Drachenflieger zeigt die Abbildung 8. Nach Angabe des Erbauers liefert der 7-zylindrige Motor mit 85 mm Zylinderbohrung und 95 mm Kolbenhub bei 1500 Uml.-Min. an der Bremse 30 bis 35 PS. Er wiegt einschliesslich der Zündvorrichtung, des Vergasers und der Rohrverbindungen fahrbereit 52 kg, somit etwa 1,5 kg/PS.

leitung, bestehend aus einem doppelten Rohrstrang (Längenprofil siehe Abbildung 51). Am Uebergang vom Stollen in die Rohrleitungen befindet sich das Schieberhaus zur Regelung des Wasserzuflusses; oberhalb desselben ist ein Druckregler in den Stollen eingebaut. Bezüglich der Gefällsverhältnisse sowie der Kotierung der einzelnen Objekte sei auf das Längenprofil verwiesen.

Das *Wasserschloss* liegt an der nordwestlichen Ecke der zweiten Weiheranlage. Durch die A.-G. „Motor“ noch entworfen und ausgeführt, zeigt es die Form, deren es bei Ausführung des Kanalprojektes für die Simmezuleitung bedurft hätte. Nach jenem Projekte war die Einmündung des Kanals von Westen gedacht, (von links in der Abbildung 52). Gegenüber der Einmündung mittelst langen Ueberfalls (Schnitt *BB* links und *CC*) befindet sich die Aus- bzw. Eintrittsöffnung in den Weiher, entsprechend dem Wasserschloss des Kanderwerkes im ursprünglichen Betriebe. Infolge Nichtausführung des Kanalprojektes wurde jener

Einlauf als überflüssig in der Folge durch eine Quermauer (bei *B* im Grundriss der Abbildung 52) zugemauert und der Ueberfallraum eingedeckt. Das Wasser tritt jetzt aus dem Weiher nur durch den Rechen und die beiden mit Fallen versehenen Oeffnungen in das Wasserschloss und in den Druckstollen ein.

Der *Druckstollen* besitzt das in Abbildung 53 dargestellte Profil von rd. 8 m² lichtem Querschnitt. Er ist für eine

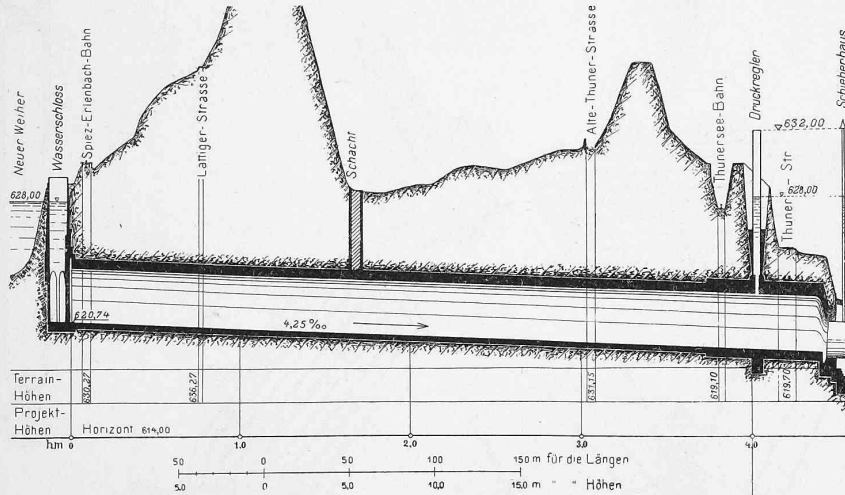


Abb. 51. Längenprofil der neuen Druckleitung.
 Masstab für die Längen 1 : 4000, für die Höhen 1 : 400.

Was die Grösse der einzelnen Zylinder anbelangt, so wurde hier das richtige Mass getroffen, denn falls man nicht über eine mittlere Kolbengeschwindigkeit von 5 m/Sek. hinaufgehen will, wächst mit linearer Vergrösserung der Zylinderabmessungen die Leistung nur mehr im Quadrate, während das Gewicht, dieselben Spannungen in den Wandungen vorausgesetzt, in der dritten Potenz zunimmt. Weil auch die Kolbenkraft im Quadrate wächst, so gilt diese kubische Gewichtsvermehrung auch für Pleuelstange und Kurbelwelle. Da wir wegen der raschen Zunahme der Umfangsgeschwindigkeiten am Kurbelzapfen unter ein gewisses Verhältnis von Zylinderdurchmesser : Hub nicht gehen dürfen, scheint somit eine Grenze gezogen zu sein für den Bau grösserer Zylinder für leichte Motoren.

Günstige Verhältnisse dürften vielleicht erreicht werden bei Verwendung von je zwei doppeltwirkenden, übereinander gelagerten Zylindern¹⁾ in dieser sternförmigen Anordnung, sodass auf zwei Umdrehungen 28 Takte fallen würden, ohne dass ein Vergrössern und Verstärken der einzelnen Bauteile nötig wäre. Im Ganzen betrachtet, bildet der Fächermotor von R. Esnault-Pelterie einen ebenso scharfsinnigen wie beachtenswerten Beitrag zu der Frage des leichten Motors, von deren allseitig richtiger Lösung die Fortentwicklung der Luftschiffahrt wesentlich abhängt.

Wasserkraftanlagen der Vereinigten Kander- und Hagnekwerke A.-G. in Bern.

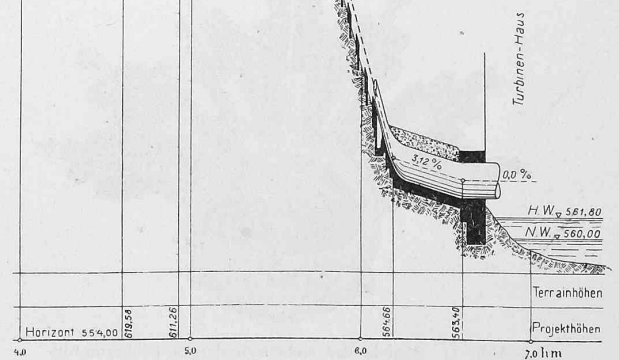
I. Das Elektrizitätswerk Spiez.

(Fortsetzung.)

Die neue Druckleitung.

Die Leitung, die das Wasser aus der westlichen Erweiterung des Stau- und Klärweihers den neuen Turbinen des Kraftwerkes zuführt, setzt sich zusammen aus einem 420 m langen Druckstollen und einer anschliessenden Druck-

¹⁾ Der Motor von *H. & A. Dufaux* in Genf besitzt fünf solcher Zylinderpaare, die nebeneinander angeordnet im Viertakt auf eine fünffach gekrümmte Welle arbeiten, sodass auf $4 \pi 20$ Explosionen fallen. Der wassergekühlte Motor soll bei 85 kg Gewicht und 1500 Uml./Min. 120 PS entwickeln. Vergl. Gen. Civ. vom 29. VIII. 1908.



maximale Wasserführung von 20 m³/Sek. bestimmt, bei der die Wassergeschwindigkeit nicht ganz 2,5 m erreicht. Der Stollen hat bei 420 m Länge ein Gefälle von 4,25 ‰ und steht an seinem untern Ende an der Sohle unter etwa 9 m ruhendem Wasserdruck. Er durchfährt in gerader Rich-