Neuere

Literatur über den Diesel-Motor.

Zusammengestellt aus Veröffentlichungen

von

Prof. P. von Lossow, München.
Prof. Dr. E. Meyer, Charlottenburg.
Prof. M. Schröter, München.
Ingenieur R. Diesel, München.
C. Boccali, München.

Berlin 1905.

Buchdruckerei A. W. Schade, Berlin N.,
Schulzendorfer Straße 26.

Neuere

Literatur über den Diesel-Motor.

Zusammengestellt aus Veröffentlichungen

von

Prof. P. von Lossow, München.
Prof. Dr. E. Meyer, Charlottenburg.
Prof. M. Schröter, München.
Ingenieur R. Diesel, München.
C. Boccali, München.

Berlin 1905.

Buchdruckerei A. W. Schade, Berlin N.,
Schulzendorfer Straße 26.

Inhaltsverzeichnis.

Auszug aus:

Die geschichtliche Entwicklung der Technik im südlichen Bayern.

Von P. von Lossow, München.

(Zeitschrift des Vereines deutscher Ingenieure 1903 Nr. 27.)

Der Wärmemotor von Diesel ist aus theoretischen Betrachtungen entstanden, welche Diesel 1893 in einer kleinen Schrift »Theorie und Konstruktion eines rationellen Wärmemotors«[1]) veröffentlicht hat. Die Verwirklichung und praktische Durchbildung der darin vorgeschlagenen Maschine bis zu ihrer Marktfähigkeit erfolgte in der Maschinenfabrik Augsburg unter persönlicher Leitung Diesels in jahrelanger mühevoller, manchmal gefahrvoller Versuchsarbeit, wobei Diesel von seinem Freunde, dem Oberingenieur Lucian Vogel, in der selbstlosesten und hingebendsten Weise unterstützt wurde. Der hohe Kostenaufwand für diese Versuche wurde von der Maschinenfabrik Augsburg und Fried. Krupp, Essen, gemeinsam getragen. Die Maschinenfabrik Augsburg schuf für diese Versuchsarbeiten ein besonderes, mit allen Hülfsmitteln technischer und wissenschaftlicher Art ausgestattetes Laboratorium, das nach Bekanntwerden des Erfolges viele Jahre lang häufig von Vertretern der Wissenschaft und Technik aus aller Herren Länder besucht wurde, um Versuche auszuführen oder solchen beizuwohnen. Durch diese Schöpfung hat die Maschinenfabrik Augsburg der gesamten Industrie ein nachahmenswertes Beispiel dafür gegeben, auf welche Weise wichtige industrielle Fragen ihrer Lösung zugeführt werden sollten. Leider mußte das Laboratorium im Laufe der Zeit dem Erweiterungsbedürfnis der Werkstätten weichen; die ersten darin montierten und erprobten Diesel-Motoren sind aber noch erhalten. Fig. 13 zeigt den allerersten Motor, noch ohne Wassermantel, mit einem durch Stopfbüchsen abgedichteten Tauchkolben und mit einer Art Sulzer-Steuerung für die Ventile; an dieser Maschine konnten nur die grundlegenden Fragen studiert werden. Fig. 14 ist ein Bild derjenigen Maschine, mit welcher die Lösung der Aufgabe als gelungen bezeichnet werden konnte, und an der Prof. Schröter im Jahre 1897 die ersten beglaubigten Versuche machte, welche später an dieser und an einer Reihe neuerer Maschinen so oft wiederholt worden sind. Die Ergebnisse dieser Versuche wurden von Diesel und Schröter auf der Hauptversammlung des Vereines deutscher Ingenieure 1897 in Kassel zum erstenmal öffentlich mitgeteilt[2]). Ihr wesentlichstes Ergebnis war eine indizierte Wärmeausnutzung von rd. 40 vH und eine wirtschaftliche Ausnutzung des Rohbrennstoffes von 26 bis 28 vH; da die damaligen besten Dampfmaschinen größter Leistung nur 12 bis 13 vH und die besten Gasmotoren 14 bis 16 vH Wärmeausnutzung aus dem Rohbrennstoff ergaben, so ist Schröters Ausspruch: »Der Dieselsche Motor tritt schon in seiner ersten Ausführung an die Spitze aller bis jetzt bekannten Wärmemotoren«, im Hinblick auf die Brennstoffausnutzung voll berechtigt gewesen und bis heute geblieben. Die Kasseler Vorträge gaben zusammen mit Diesels schon erwähnter Druckschrift Anlaß zu einer erstaunlichen Menge literarischer Arbeiten über die Frage der motorischen Verbrennung und der Verbrennungsmotoren, an denen sich die besten Männer unsrer Wissenschaft beteiligten, wie: Zeuner, Schröter, Eugen Meyer, Schöttler, Otto Köhler, Stodola, Musil, Jhering, Witz, Bryan Donkin, Denton, von Doepp, Gustave Richard, Bánki, Dugald Clark usw. Aus diesem Austausch der Ideen entstand nach wenigen Jahren völlige Klarheit über alle einschlägigen Fragen, und es darf wohl gesagt werden, daß infolgedessen die wissenschaftlichen Anschauungen über die Verbrennungsfrage jetzt als geklärt anzusehen sind. Auch die erfinderische Tätigkeit setzte nach Diesels Erfolg mit Macht ein, wie die Patentliteratur aus dieser Zeit beweist, und in wenigen Jahren hat auch der Explosionsmotor, angeregt durch Diesels Vorbild, insbesondere durch die zuerst von ihm verwirklichte hohe Kompression, gewaltige Fortschritte gemacht, die man vor 5 bis 6 Jahren noch nicht zu hoffen wagte. In diesem Kampf der Meinungen ist Diesel so manchesmal sehr ungerecht beurteilt worden; manche Autoren legten ein übergroßes Gewicht auf den Umstand, daß Diesel seine Theorien nicht genau verwirklicht habe und daß seine Arbeiten deshalb eigentlich ein Fehlgriff seien. Es wurde dabei vergessen, daß Diesel niemals behauptet hat, daß seine Theorien in der Maschine genau verwirklicht seien; er hat im Gegenteil schon in seinen frühesten Mitteilungen mit anerkennenswerter Offenherzigkeit zuerst seine ursprünglichen theoretischen Anschauungen erläutert und dann gezeigt, was die Praxis davon angenommen hat und was sie beseitigen mußte; er hat auch von seinen Mißerfolgen berichtet und häufig betont, daß seine Maschine ein Kompromiß zwischen Theorie und Praxis sei, und es erscheint geradezu als Pflicht, festzustellen, wie fruchtbringend diese offene Behandlung aller Fragen auf den Meinungsaustausch gewirkt hat. Diese Feststellung ist um so notwendiger, als auch nach den ersten Erfolgen die stillen Laboratoriumsarbeiten unter Diesels Leitung noch jahrelang fortgesetzt wurden, indem alle erdenklichen Verbrennungsverfahren mit allen erdenklichen Brennstoffen einschließlich des Kohlenstaubes auf ihren praktischen Wert erprobt wurden; indem Versuche mit Verbundanordnung von Verbrennungsmotoren in großem Maßstabe durchgeführt wurden, welche über diese für die Zukunft der Verbrennungsmotoren so wichtige Frage endgültig Aufschluß gaben; indem endlich das Laboratorium jahrelang zur Erprobung im Dauerbetrieb nahezu aller Arten von flüssigen Brennstoffen, die aus allen Weltteilen dort zusammenströmten, verwendet und so die heute im Vordergrunde des Interesses stehende Frage der flüssigen Brennstoffe gleich bei ihrem ersten Auftreten vollständig geklärt wurde. Die Ergebnisse aller dieser Arbeiten, die noch lange nicht Gemeingut geworden sind, werden noch geraume Zeit nachwirken und noch viel Stoff zu wissenschaftlichen Arbeiten geben. Eines der hervorragendsten Ergebnisse war, daß

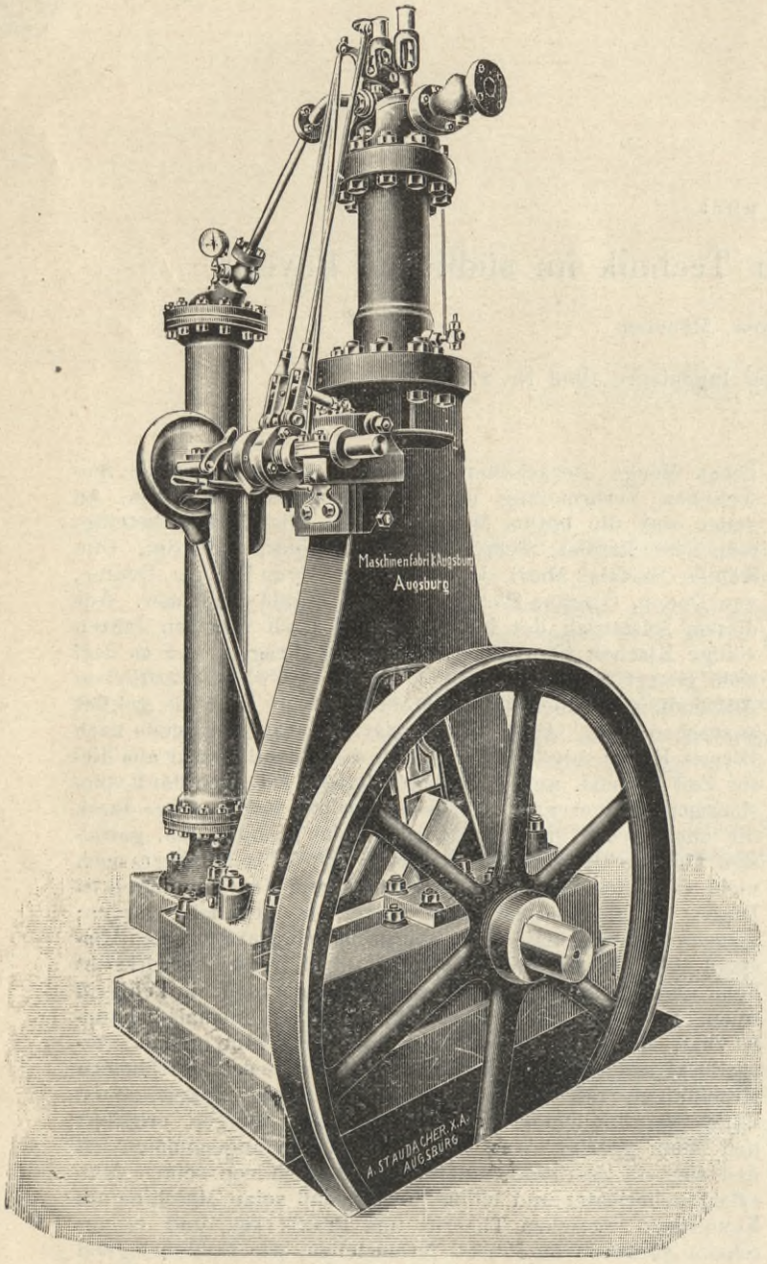
[1]) s. Z. 1893 S. 291.

[2]) Z. 1897 S. 785, 845.

der Diesel-Motor für alle überhaupt vorkommenden flüssigen Brennstoffe gleich geeignet ist, so daß diese neue Kraftmaschine den flüssigen Brennstoffen gegenüber dieselbe Rolle zu spielen berufen ist wie die Dampfmaschine und der Gas-

Fig. 13.

Erster Versuchs-Diesel-Motor aus dem Jahre 1893.



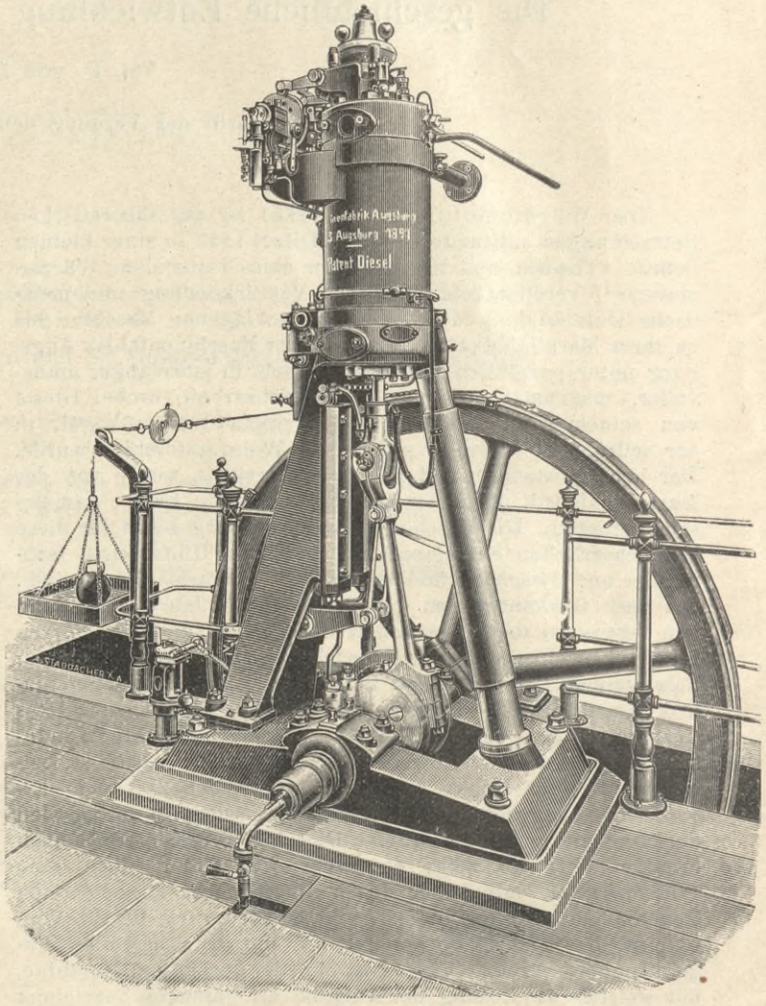
motor den festen und gasförmigen Brennstoffen gegenüber, nur in viel einfacherer und wirtschaftlicherer Weise.

Mit dieser Laboratoriumsarbeit ging die praktische Vervollkommnung des Diesel-Motors und die Ausbildung des Fabrikationsverfahrens ständig Hand in Hand. Im Jahre 1898 wurden die Diesel-Motoren zum erstenmal öffentlich gezeigt, und zwar auf der 2. Kraft- und Arbeitsmaschinenausstellung in München in einer glänzenden Sonderausstellung, an welcher die Firmen Fried. Krupp, Maschinenfabrik Augsburg und Gasmotorenfabrik Deutz beteiligt waren[1]) und in der von den Motoren betrieben wurden: eine Augsburger Rotationspresse, eine Sulzersche schnellaufende Hochdruckpumpe und eine Lindesche Maschine für flüssige Luft.

Es darf als das besondre Verdienst der Maschinenfabrik Augsburg und ihres Direktors Kommerzienrat Heinrich Buz bezeichnet werden, den Diesel-Motor zu einer sehr einfachen Maschine von größter Betriebsicherheit und verhältnismäßig billigem Preise ausgestaltet, in rastloser Arbeit den mechani-

Fig. 14.

Versuchs-Diesel-Motor aus dem Jahre 1895/96.



schen Wirkungsgrad ständig erhöht, den Verbrauch ständig vermindert und dadurch der ortfesten Diesel-Maschine ihren Weltruf erworben zu haben.

[1]) Z. 1899 S. 36.

Auszug aus:

Versuche an Spiritusmotoren und am Diesel-Motor.

Von **Eugen Meyer**, Charlottenburg.

(Zeitschrift des Vereines deutscher Ingenieure 1903 Nr. 18 und 19.)

Wenn auch der Diesel-Motor bisher zum Betriebe von Lokomobilen keine Verwendung fand, und wenn er daher bei dem Vergleiche von Lokomobilmotoren außer Betracht bleiben konnte, so bietet doch bei dem vorzüglichen theoretischen Wirkungsgrade des Spiritusmotors ein Vergleich seiner Wärmeausnutzung mit derjenigen des Diesel-Motors das größte Interesse. Hierzu können die Ergebnisse von Versuchen benutzt werden, die ich nur wenige Wochen nach der Hauptprüfung am 9. und 10. Juni 1902 auf dem Probierstande der Maschinenfabrik Augsburg an einem 70pferdigen und an einem 8pferdigen Einzylinder-Diesel-Motor ausgeführt habe.

1) Beschreibung der untersuchten Motoren.

Der 70pferdige Motor ist in den Figuren 8 bis 19, der 8pferdige in den Figuren 20 bis 29 dargestellt. Der Diesel-Motor ist in den letzten Jahren mit drei wesentlichen Neuerungen versehen worden, über die zwar schon teilweise berichtet worden ist, die ich aber hier nochmals kurz zusammenfassen möchte.

1) An die Stelle des Siebes, durch welches das einzuspritzende Petroleum, mit Luft gemischt, treten mußte, um zerstäubt zu werden, ist der sogen. Plattenzerstäuber (vergl.

Fig. 8.

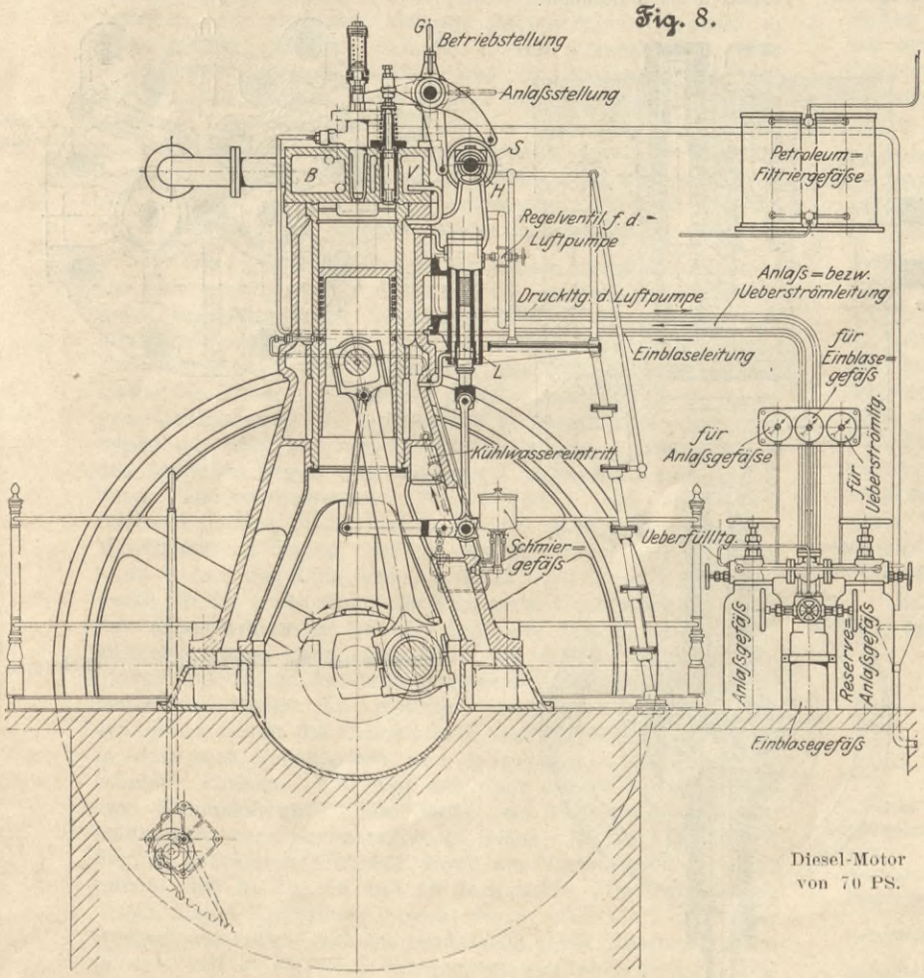
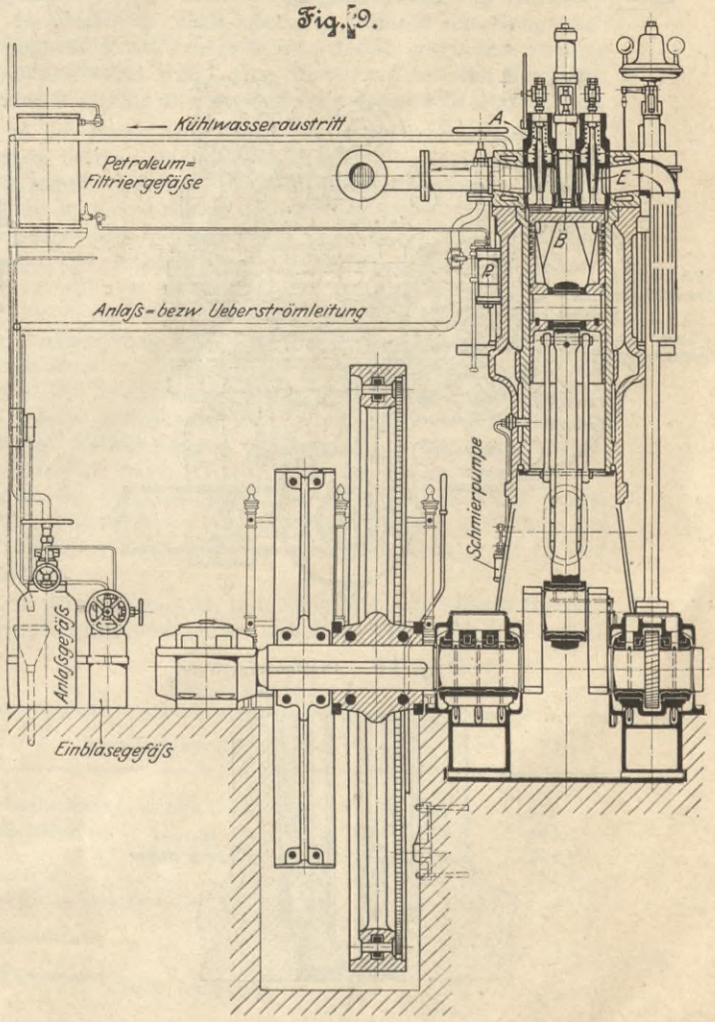


Fig. 9.



Diesel-Motor
von 70 PS.

Fig. 10.

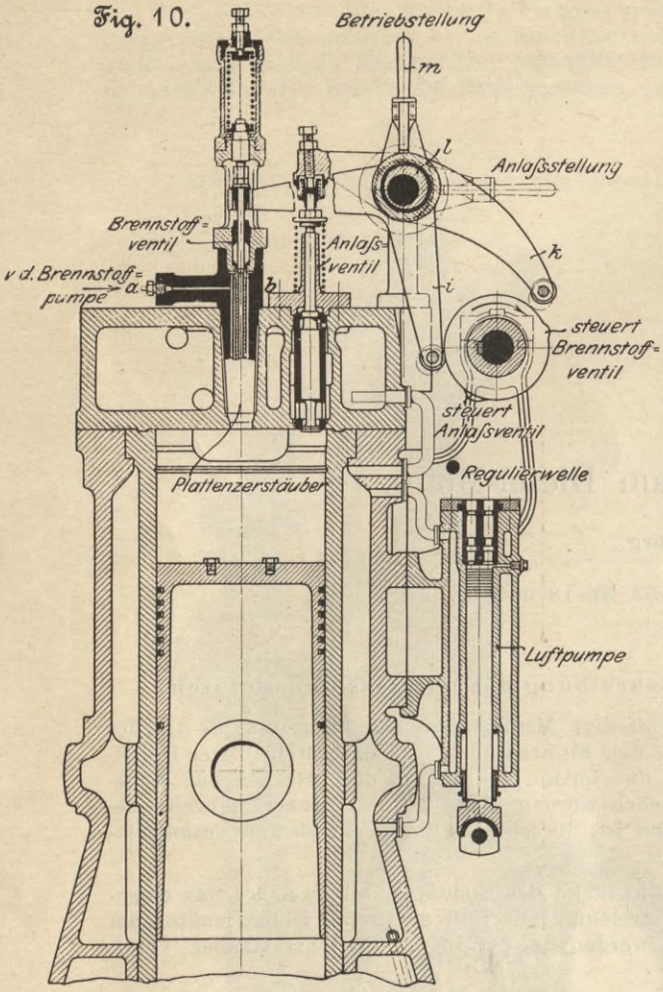


Fig. 11.

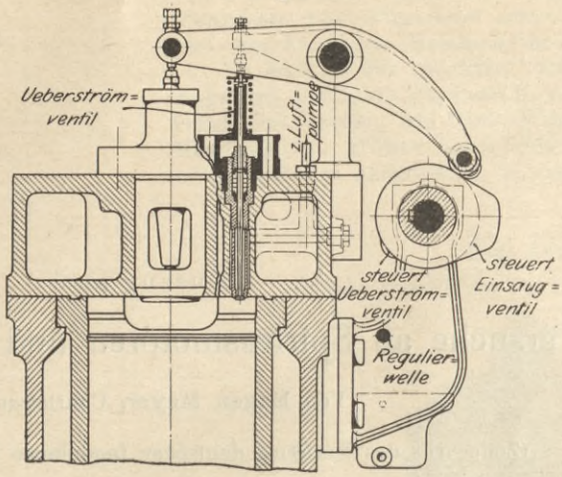


Fig. 12.

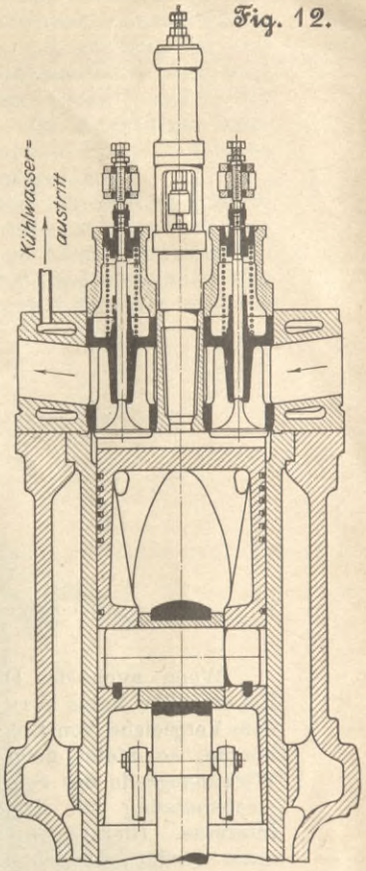


Fig. 17.

Schnitt *a-b* der Fig. 10.

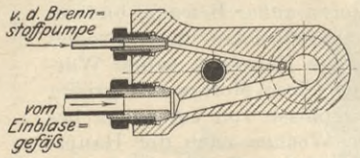


Fig. 18. Ventilkopf der Luftpumpe.

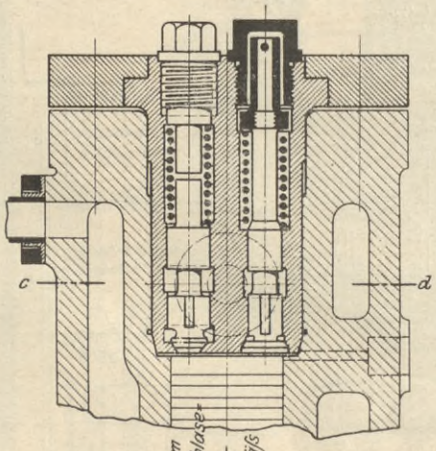


Fig. 15.

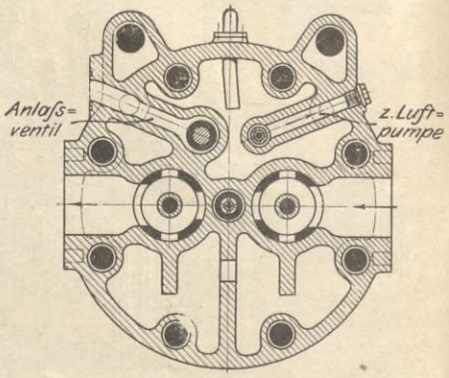


Fig. 14.

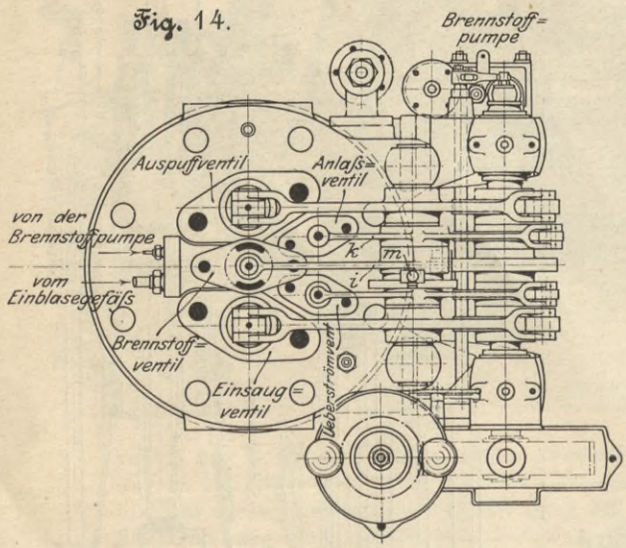


Fig. 19.

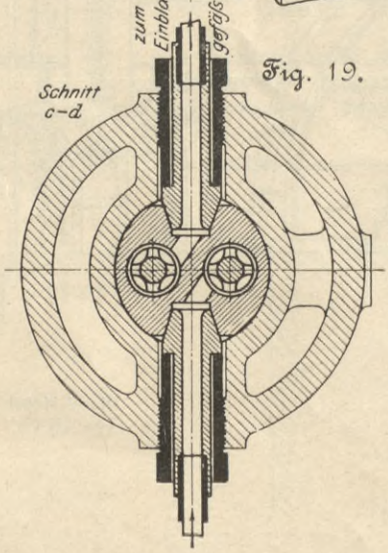


Fig. 16. Plattenzerstäuber.

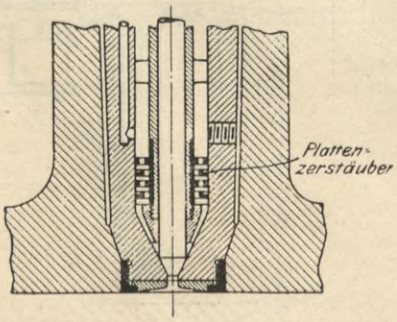


Fig. 10 bis 19.

Einzelheiten des 70 pferdigen Diesel-Motors.

Fig. 13.

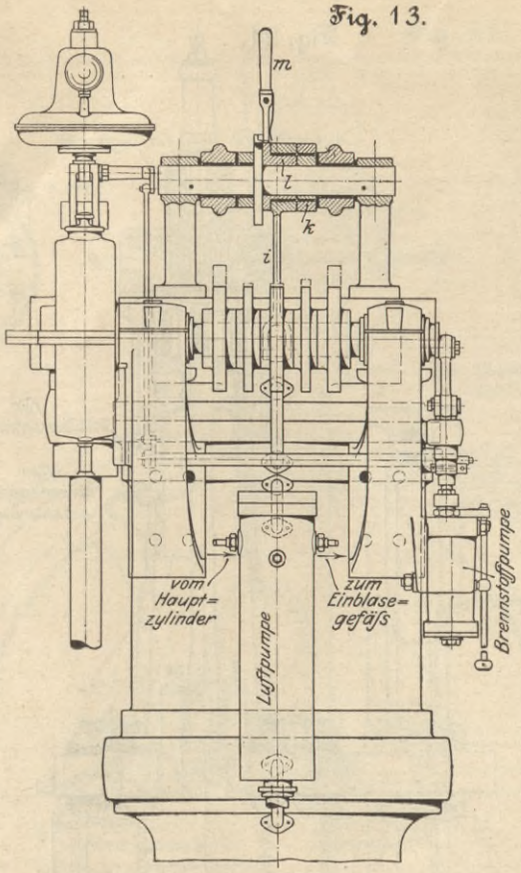


Fig. 10 und 16) getreten. Er besteht aus 4 ringförmigen Platten, in denen sich je eine Anzahl Löcher von 2 mm Weite befinden; sie sind mit kleinem gegenseitigem Abstand so übereinander gelagert, daß die Löcher versetzt sind. Vor dem Eintritt in den Zylinder wird das Petroleum von der Zerstäuberluft durch diese Löcher mitgerissen und dadurch zerstäubt. Da der Ueberdruck der Zerstäuberluft beim Durchgang durch die Löcher außerordentlich groß ist und die Löcher hinreichend weit sind, so dürfte es fast ausgeschlossen sein, daß sie sich mit Schmutz verstopfen, während sich die engen Maschen des Zerstäubersiebes leicht zusetzen konnten.

2) Die Luftpumpe, welche die Zerstäuberluft liefert, saugt sie nicht mehr aus der Außenluft an, sondern entnimmt sie unter ungefähr 10 at Spannung dem Arbeitszylinder. Zu diesem Zwecke befindet sich im Zylinderkopf ein kleines Ueberströmventil (Fig. 11 und 14), das während der zweiten Hälfte des Kompressionshubes geöffnet wird, wenn die Kompressionsspannung im Zylinder 10 at überschritten hat. Infolgedessen tritt aus dem Zylinder etwas Luft in die während des Betriebes gegen das Anlaßgefäß abgeschlossene »Anlaß- bezw. Ueberströmleitung«, Fig. 8 und 9, die einen hinreichend großen Inhalt besitzt, um bei diesem Vorgange als Windkessel zu dienen, und in der der Druck auf ungefähr 10 at steht. Die Höhe dieses Druckes wird durch das »Regelventil für die Luftpumpe« der Figuren 8, 10, 18 und 19, durch das man mehr oder weniger Luft aus dem Arbeitszylinder austreten lassen kann, geregelt. Aus der Anlaßleitung entnimmt nun die im Zweitakt arbeitende Luftpumpe ihren Luftbedarf und fördert ihn, nachdem die Kompression auf 60 at erfolgt ist, durch die Druckleitung zum Einblasegefäß, Fig. 8, in dem sich Feuchtigkeit und mitgerissenes Schmieröl abscheiden können. Von hier aus führt die »Einblaseleitung« zum Brennstoffventil. Die Stelle, wo Petroleum und Zerstäuberluft zum Brennstoffventil treten, ist in Fig. 17 im Schnitt gezeichnet; Schnitte durch den Ventilkasten der Luftpumpe sind in Fig. 18 und 19 dargestellt. Der Hauptvorteil dieser neuen Anordnung besteht darin, daß die Luft in der Pumpe nur etwa auf das Sechsfache ihres Anfangsdruckes (von 10 auf 60 at) zu verdichten ist, was leicht gelingt. Dagegen mußte bei der früheren Anordnung, wo die Luftpumpe aus der Außenluft saugte, die Luft in ihr um ungefähr das Sechzigfache (von 1 at auf 60 at) verdichtet werden. Waren die schädlichen Räume nicht außerordentlich klein, war ein Ventil nur ein klein wenig undicht, oder schloß es infolge schweren Ganges um ein wenig zu spät, oder vergrößerte sich infolge irgend eines Umstandes die Ansaugedepression um etwas, so konnte der erforderliche hohe Druck nicht mehr erreicht werden; die Pumpe war daher nicht betriebsicher, während bei der jetzigen Anordnung die Betriebsicherheit groß ist. Ein weiterer Vorteil ist, daß die Luftpumpe jetzt ungemein klein ausfällt. Beim ersten 25pferdigen Diesel-Motor hatte die Luftpumpe 70 mm Zyl.-Dmr. und 200 mm Hub, während die Luftpumpe des 30pferdigen Motors nach der neuen Anordnung 50 mm Dmr. und 80 mm Hub besitzt. Bei dem 70pferdigen Motor sind außer dem Einblasegefäß ein Anlaßgefäß und ein Reserve-Anlaßgefäß vorhanden; bei dem 8pferdigen Motor dient dagegen ein einziges Gefäß als Einblase- und Anlaßgefäß. Die Luftpumpe des 8pferdigen Motors ist am Sockel angebracht (Fig. 24).

3) Eine weitere bedeutungsvolle Neuerung betrifft die Regelung. Bei der früher angewandten Regelung mit Schraubengewinden (vergl. z. B. Schöttler: Die Gasmaschine, 4. Aufl. S. 173) entsteht leicht toter Gang; auch ist der erforderliche Regulatorhub etwas groß. Daher ist die folgende Einrichtung getroffen, die für den 8pferdigen Motor aus den Figuren 26 bis 29 ersichtlich, in gleicher Weise aber auch an dem 70pferdigen Motor angeordnet ist. Das Druckventil *b* der Brennstoffpumpe (Pumpenkolben *a*) ist selbsttätig; das Saugventil *c* dagegen steht durch die Stange *d* mit dem Hebel *e* in Verbindung. Das eine Ende dieses Hebels ist am Regulator aufgehängt; der Aufhängepunkt *f* bildet, solange der Regulator seine Stellung nicht ändert, einen ruhenden Drehpunkt. Das andere Ende *g* des Hebels wird durch die auf der Steuerwelle sitzende Kurbel *h*, die auch den Pumpenkolben *a* antreibt, hin- und herbewegt. Dadurch wird das Saugventil geöffnet und geschlossen. Verstellt nun der Regulator den Aufhängepunkt *f*, und zwar z. B. bei zunehmender Geschwindigkeit der Maschine nach oben, so schließt das Saugventil erst später und öffnet wieder früher, so daß insgesamt weniger Petroleum gefördert wird. Der Rückdruck auf den Regulator ist ungemein gering und die Regelung daher sehr empfindlich.

Wird der Motor angelassen, so muß das Brennstoffventil geschlossen bleiben und dafür zu Beginn des Expansionshubes das Anlaßventil geöffnet werden, damit Druckluft aus dem Anlaßgefäß in den Arbeitszylinder eintreten und den Kolben in Bewegung setzen kann. Der Hebel *i* für das Brennstoffventil und der Hebel *k* für das Anlaßventil sitzen deshalb, Fig. 10, 13 und 14, nebeneinander auf einer exzentrischen Hülse *l*, die durch einen Handhebel *m* verstellt werden kann. In der Anlaßstellung steht die Hülse bei wagerechter Lage des Handhebels so, daß die Rolle des Hebels *i* von ihrer Nockenscheibe absteht und daher vom Nocken nicht bewegt wird, während gleichzeitig die Rolle des Hebels *k* an der dazugehörigen Nockenscheibe anliegt und somit vom Anlaßnocken getroffen wird. Wird durch Drehen am Handhebel *m* nach oben die Betriebstellung herbeigeführt, so steht umgekehrt der Anlaßhebel *i* ab und bleibt daher in Ruhe, der Brennstoffhebel *k* liegt dagegen mit seiner Rolle jetzt an und wird bewegt.

Beide Maschinen sind mit Rücksicht auf billige Herstellung kreuzkopflos und haben daher der Geradführung halber

Zahlentafel 13.

Nennleistung PS		70	8
normale Umlaufzahl i. d. Min.		160	270
Zylinderdurchmesser	mm	400,5	165,0
Hub	»	600,5	269,6
Hubvolumen V_h (des Arbeitszylinders)	ltr	75,65	5,77
Inhalt des Kompressionsraumes V_c (des Arbeitszylinders)	»	5,255	—
Kompressionsgrad $\varepsilon = \frac{V_h + V_c}{V_c}$ (des Arbeitszylinders)		15,40	—
Zylinderdurchmesser der Luftpumpe	mm	56,0	25
Hub der Luftpumpe	»	139,3	50

Fig. 20.

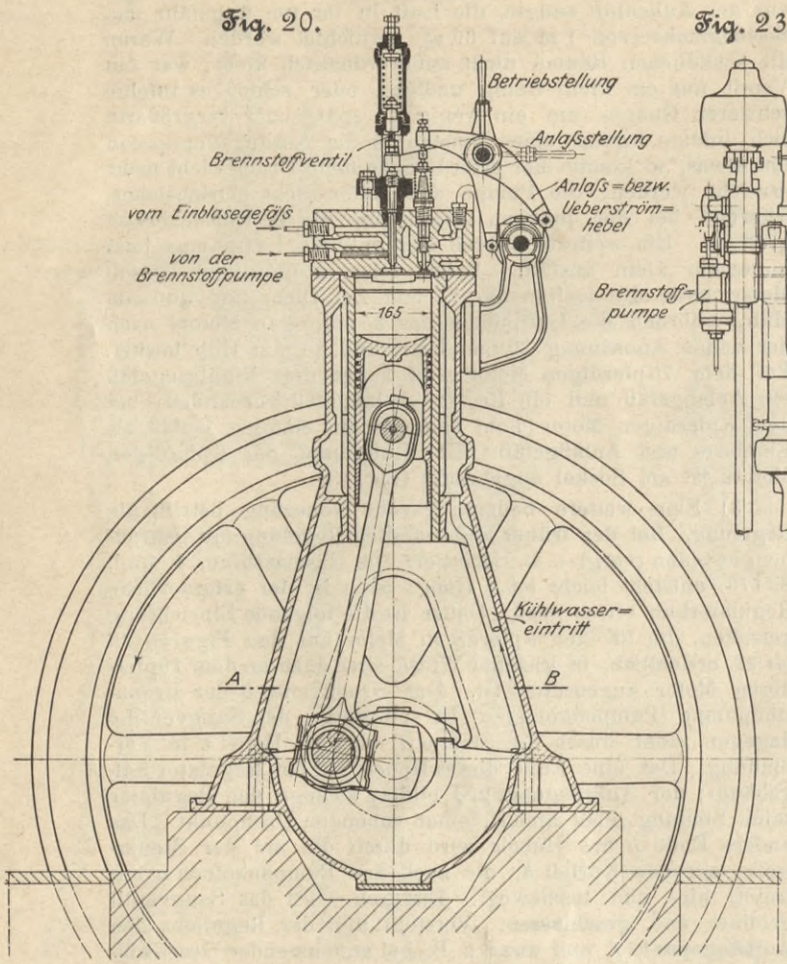


Fig. 23.

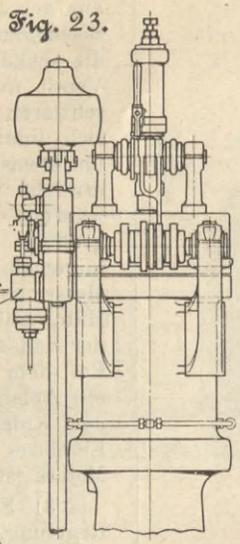


Fig. 21.

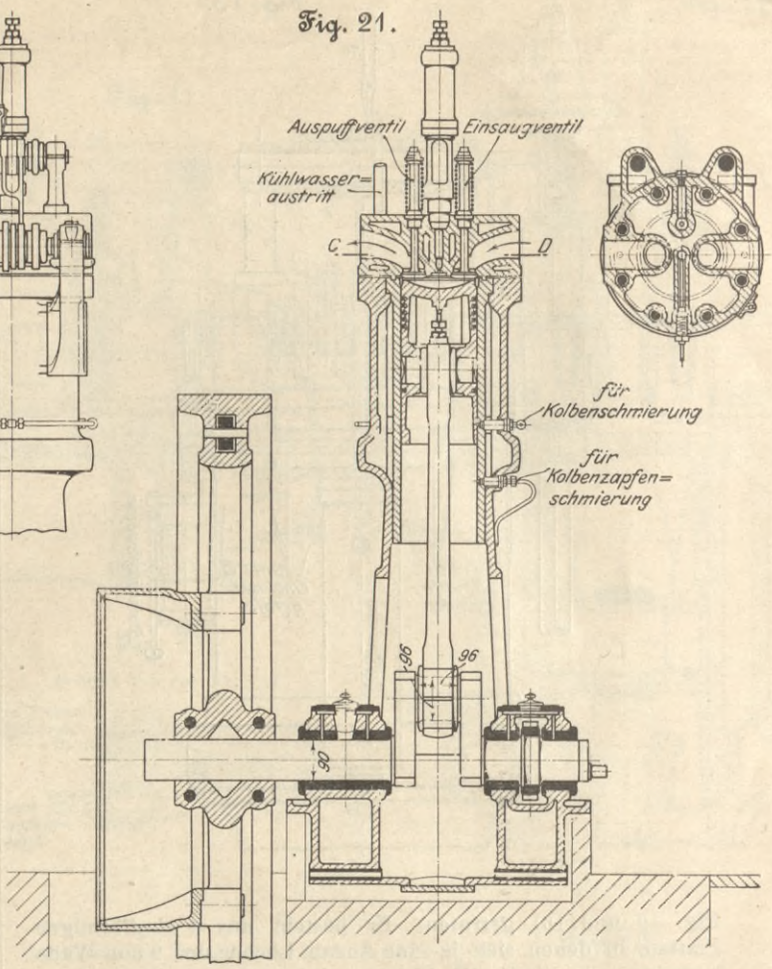
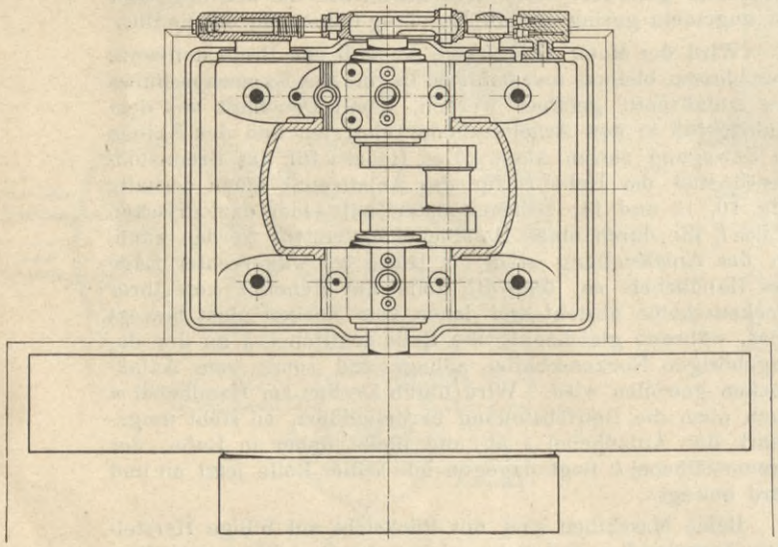


Fig. 22. Schnitt *A-B*.



lange Tauchkolben. Die sorgfältig durchgeführte Zentralschmierung ist aus den Figuren erkenntlich. Die Abmessungen der beiden untersuchten Motoren sind in Zahlentafel 13 zusammengestellt.

2) Die Versuche und ihre Ergebnisse.

Die Versuchseinrichtungen waren die üblichen und sollen daher hier nicht näher besprochen werden. Innerhalb eines jeden Versuches wurden alle 5 Minuten Ablesungen an einem Umlaufzähler gemacht und alle 5 Minuten je ein Bündel von 15 Einzeldiagrammen an dem Arbeitszylinder und bei dem 70pferdigen Motor auch an der Luftpumpe entnommen. An der Luftpumpe des 8pferdigen Motors konnten Diagramme nicht abgenommen werden; doch erhält man ohne Zweifel ein hinreichend genaues Ergebnis, wenn man auf Grund der Diagramme am großen Motor annimmt, daß die indizierte Mittelspannung in der Luftpumpe 20 kg/qcm beträgt. Die verwendeten Indikatorfedern wurden am Ende der Versuche durch unmittelbare Gewichtbelastung geeicht, wobei der Federmaßstab für beide Federn als nahezu unabhängig von der Belastung gefunden wurde. Der Maßstab der am Arbeitzylinder verwendeten Feder ergab sich zu 1 kg/qcm = 0,991 mm (statt 1 mm) Schreibstiftweg, der Federmaßstab für die Luftpumpe zu 1 kg/qcm = 0,575 mm (statt 0,6 mm) Schreibstiftweg. Diagramme mit schwacher Feder, aus denen der Arbeitsverbrauch beim Ansaugen der Luft in den Arbeitzylinder und beim Auspuffen der Verbrennungsrückstände festgestellt werden kann, wurden nicht genommen. Bei der Bildung der indizierten Arbeit ist daher dieser Arbeitsverbrauch, der nach früheren Versuchen ungefähr $1^1/_2$ vH der Leistung bei Vollbelastung beträgt, nicht in Abzug gebracht, was bei der Beurteilung des Oelverbrauches für die PS_i-Stunde und des mechanischen Wirkungsgrades im Auge zu behalten ist.

Bei einem Teil der Versuche am großen Motor und bei allen Versuchen am kleinen Motor wurde russisches Petroleum als Brennstoff verwendet, das bei 18,7° ein spezifisches Gewicht von 0,806 kg/ltr hatte. Bei den übrigen Versuchen am großen Motor wurde dieser mit Paraffinöl gespeist. Das Paraffinöl ist ein Erzeugnis der Braunkohlenindustrie; es hat eine braune schmutzige Farbe, und sein Preis für die Gewichteinheit ist wesentlich billiger als der des Petroleums. Nach Untersuchungen des Institutes für Gärungsgewerbe in Berlin, die an zwei von mir eingesandten Proben dieses Oeles ausgeführt wurden, hat es das spezifische Gewicht 0,893 kg/ltr bei 15°; sein Heizwert ist um rd. $2^1/_2$ vH niedriger als der Heizwert des Petroleums.

Der 8pferdige Motor kann auch mit Paraffinöl betrieben werden; doch reichte mir leider die Zeit nicht, um Versuche damit an der kleinen Maschine auszuführen.

Während der Versuche wurde sehr reichlich geschmiert. Bei einer stehenden Maschine, bei der das zur Kolbenschmie-

Fig. 20 bis 25.
Diesel-Motor von 8 PS.

Fig. 24.

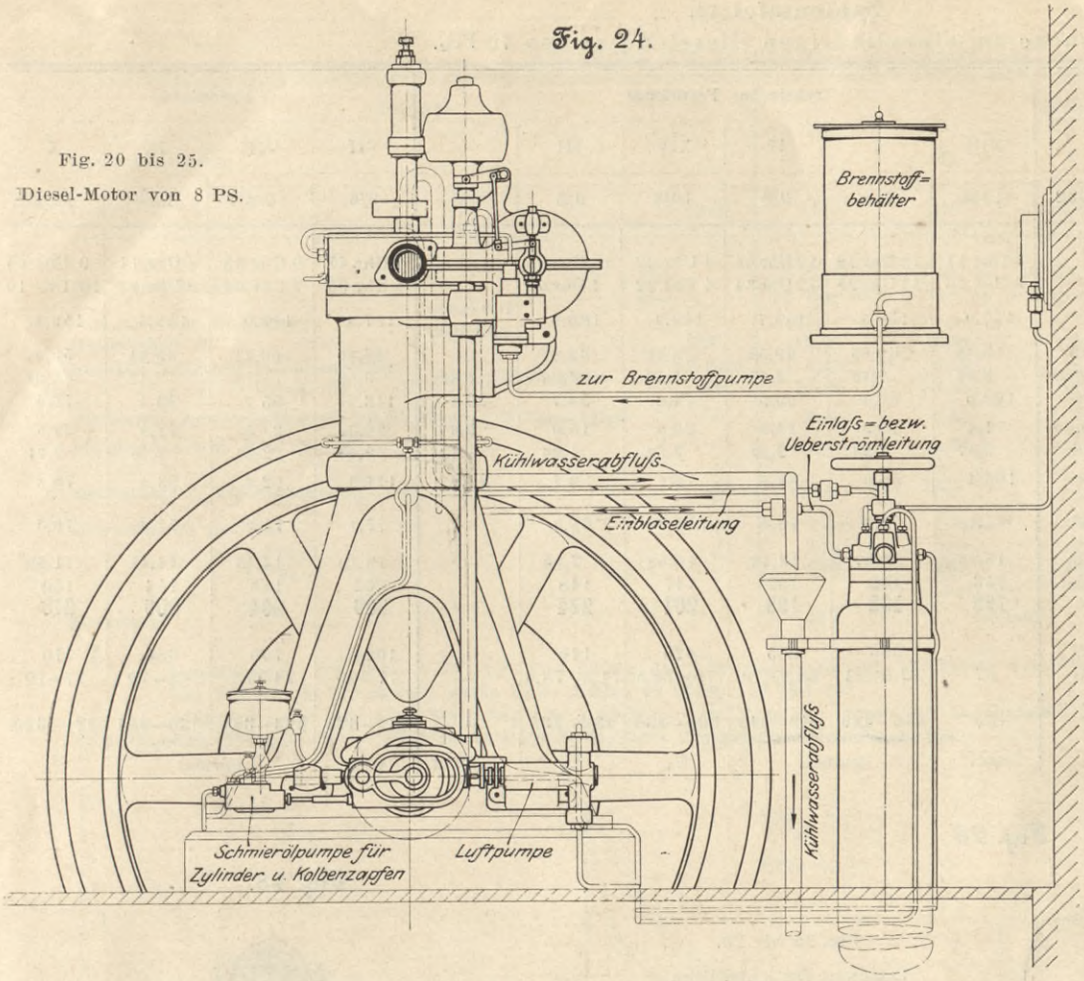
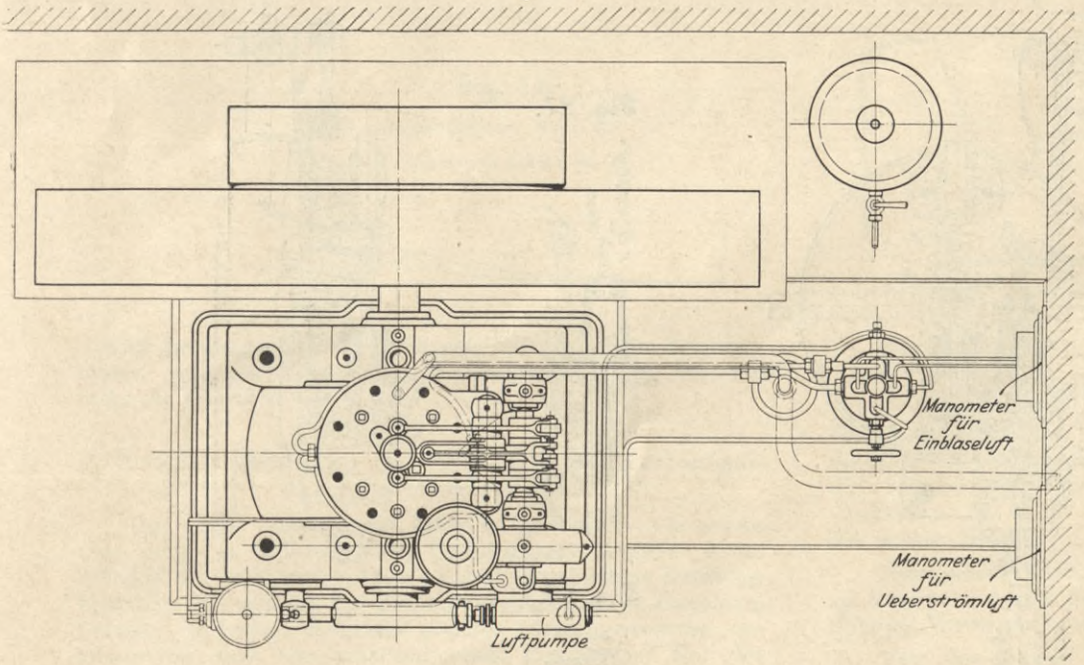


Fig. 25.



rung dienende Oel an einer Stelle zugeführt wird, die der zweite Dichtungsring in seiner tiefsten Lage eben überschreitet, ist wohl nicht zu befürchten, daß Schmieröl im Zylinder mitverbrennt. Die von mir erhaltenen Versuchsergebnisse sind in den Zahlentafeln 14 und 15 wiedergegeben.

In den Figuren 30, 31 und 32 ist je ein Bündel von 15 Diagrammen, die am großen Motor bei Vollast, halber Last und bei Leerlauf entnommen wurden, in Fig. 33 ein bei Leerlauf am kleinen Motor entnommenes Bündel von 15 Diagrammen abgebildet. Die Kompressions-Endspannung ist im großen und im kleinen Motor nahezu gleich und beträgt 34 bis 35 kg/qcm Ueberdruck. Ein Bündel von 15 Luftpumpendiagrammen, am großen Motor entnommen, ist in Fig. 34 dargestellt. Die höchste Spannung während des Druckhubes beträgt hier 68 kg/qcm, die niedrigste Spannung bei Beginn des Ansaugens 7 kg/qcm Ueberdruck.

Der Verbrauch an Paraffinöl für 1 PS_e-st war durchschnittlich um 7 vH höher als der an russischem Petroleum. Merkwürdigerweise aber war auch der mechanische Wirkungsgrad bei den Versuchen mit Paraffinöl wesentlich niedriger als bei denen mit Petroleum. Man ist geneigt, anzunehmen, daß zufällige Umstände, wie etwa ein andrer Schmierzustand des Motors, daran schuld sind. Allein bei eingehender Betrachtung der Zahlentafeln bekommt man den Eindruck, daß der Unterschied bloßen Zufälligkeiten nicht zugeschrieben werden kann; denn Versuche mit Petroleum und Versuche mit Paraffinöl wurden sowohl am 9. als auch am 10. Juni ausgeführt, und doch stimmen die Versuche für Petroleum und diejenigen für Paraffinöl je unter sich hinsichtlich des mechanischen Wirkungsgrades sehr gut überein, wie das Aufzeichnen von Kurven für den mechanischen Wirkungsgrad in Funktion der Belastung zeigt. Die Kühlwassertemperaturen und Auspufftemperaturen liegen bei beiderlei Versuchen zwischen denselben Grenzen. Weitere Versuche müßten daher Aufklärung darüber schaffen, ob die Verwendung des Paraffinöles in grundsätzlicher Weise den mechanischen Wirkungsgrad beeinflußt. Für 1 PS_i-st ist der Paraffinölverbrauch nur wenig größer als der Petroleumverbrauch.

Hervorzuheben ist die große Regelmäßigkeit, mit der sich die Arbeitsvorgänge in dem untersuchten Motor abspielen. Die Diagramme eines und desselben Versuches decken sich, wie die Figuren 30 bis 32 zeigen, bei beiden Motoren von Vollast bis Leerlauf vollständig. Die alle 5 Minuten abgelesenen Werte für die Umlaufzahl der Maschine bleiben ebenfalls innerhalb eines jeden Versuches ganz unverändert. Bemerkenswert ist auch, wie wenig die Umlaufzahl mit Abnahme der Belastung zunimmt, und wie sie bei verschiedenen Versuchen, die bei gleicher Belastung angestellt wurden, nahezu gleich bleibt. Der Regulator ist also sehr empfindlich und besitzt doch, wie die Uebereinstimmung der Diagramme sogar noch bei Leerlauf erweist, die erforderliche Stabilität. Beim großen Motor war der Auspuff stets unsichtbar. Irgend welche Unregelmäßigkeiten in der Arbeitsverrichtung oder im Gange der Maschine, oder Störungen beim Anlassen und während des Betriebes kamen während meiner Anwesenheit nicht vor.

Bei dem kleinen Motor war der Auspuff unter Voll-

Zahlentafel 14.

Versuche am einzylindrigen Diesel-Motor von 70 PS_e.

Oelsorte		russisches Petroleum						Paraffinöl			
Versuchsnummer		XIII	I	II	XIV	III	—	VII	VIII	IX	X
Datum	1902	10/6	9/6	9/6	10/6	9/6	—	9/6	9/6	10/6	10/6
Der Versuch dauerte	von	3 Uhr 11	10 Uhr 28	12 Uhr 04	4 Uhr 02	12 Uhr 54	—	5 Uhr 47	6 Uhr 38	8 Uhr 11	9 Uhr 45
	bis	3 Uhr 26	11 Uhr 28	12 Uhr 34	4 Uhr 22	1 Uhr 09		6 Uhr 05	7 Uhr 08	9 Uhr 01	10 Uhr 10
Uml./min der Kurbelwelle		157,9	158,8	158,7	159,8	160,5	160 (angenommen)	157,8	159,0	159,3	159,9
Bremsarbeit N_e	PS	86,65	69,63	69,59	53,01	34,87	—	86,60	69,71	69,84	53,04
positive indizierte Mittelspannung im Arbeitzylinder	kg/qcm	8,22	6,78	6,79	5,56	4,06	1,67	8,58	7,12	7,17	5,84
» » Arbeit N_i^a im Arbeitzylinder	PS	109,0	90,4	90,5	74,6	54,7	22,4	113,7	95,2	96,1	78,5
indizierte Mittelspannung der Luftpumpe	kg/qcm	21,4	19,5	19,3	20,8	16,0	9,6	20,3	21,8	22,2	22,3
indizierter Arbeitsverbrauch N_i^l der Luftpumpe	PS	2,57	2,36	2,33	2,52	1,96	1,17	2,44	2,64	2,70	2,71
indizierte Arbeit $N_i = N_i^a - N_i^l$	»	106,4	88,0	88,2	72,1	52,7	21,2	111,3	92,6	93,4	75,8
mechanischer Wirkungsgrad $\frac{N_e}{N_i} 100$	vH	81,4	79,1	78,9	73,6	66,2	—	77,7	75,2	74,8	70,0
Oelverbrauch für 1 st	kg	16,28	13,37	13,43	10,62	7,80	—	18,10	14,18	14,41	11,39
» » 1 PS_i-st	g	153	152	152	147	148	—	162	153	154	150
» » 1 PS_e-st	»	**188**	**192**	**193**	**201**	**224**	—	**209**	**204**	**206**	**215**
Kühlwasserverbrauch für 1 st (Zuflußtemperatur 11°)	ltr	—	580	855	420	140	—	1020	700	680	770
Kühlwasser-Abflußtemperatur	°C	67	72,5—81	68,5—70	70—76,5	71,5—78,5	—	77—70	74—75	68—79	77—79
Temperatur der Abgase im Auspuffrohr hinter dem Auspuffventil	»	468	336-349	340-349	335—336	239—236	—	418—422	344—361	330—381	321—330
Belastung		voll	normal		3/4	1/2	Leerlauf	voll	normal		3/4

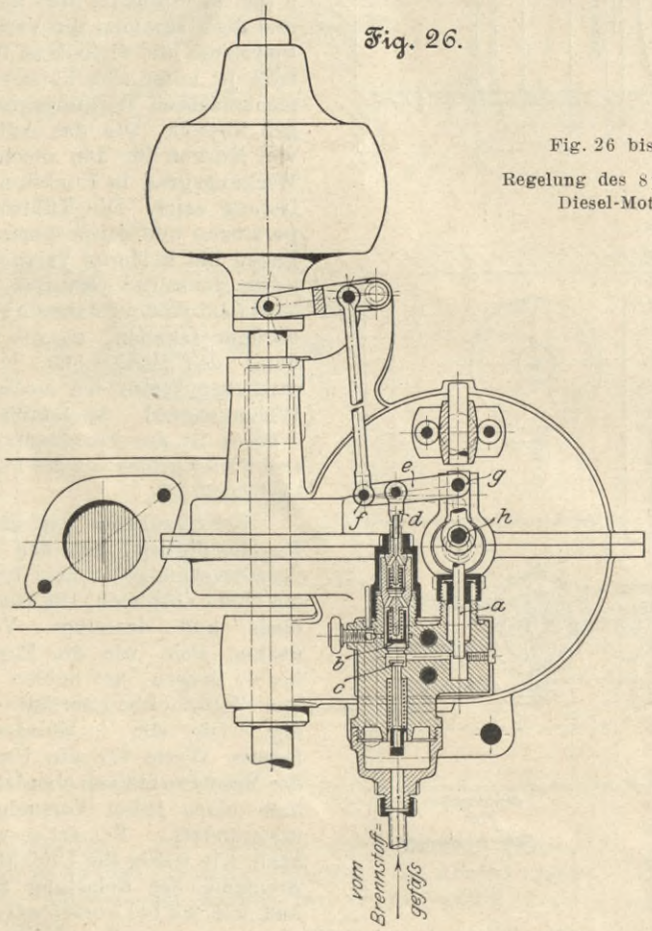
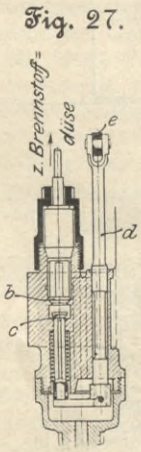
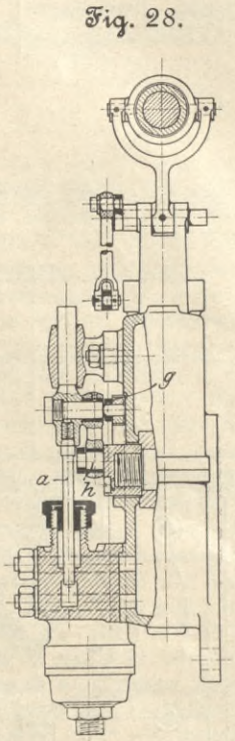
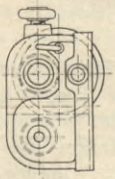


Fig. 26 bis 29.

Regelung des 8pferdigen Diesel-Motors.







belastung durch Ruß ganz wenig geschwärzt, sonst ebenfalls unsichtbar. Die Schwärzung des Auspuffes zeigt nur an, daß man mit der Menge des zugeführten Petroleums an der Grenze angelangt ist, wo wegen Luftmangels die Verbrennung unvollständig zu werden beginnt. Die Gleichmäßigkeit und die Sicherheit des Ganges waren auch hier sehr befriedigend. Von den Auspuffgasen war bei den beiden Motoren nichts zu riechen. Nach den Versuchen wurden die verschiedenen

Zahlentafel 15.

Versuche am 8pferdigen Diesel-Motor.

Oelsorte		russisches Petroleum					
Versuchsnummer			IV	V	XII	VI	—
Datum	1902	10/6	9/6	9/6	10/6	9/6	10/6
Der Versuch dauerte	von	11 Uhr 40	3 Uhr 31	4 Uhr 14	12 Uhr 34	4 Uhr 43	—
	bis	12 Uhr 00	4 Uhr 01	4 Uhr 29	12 Uhr 54	5 Uhr 03	—
Uml./min der Kurbelwelle		267,1	278,4	270,3	274,7	276,3	284
Bremsarbeit N_e	PS	10,04	8,88	8,62	6,23	4,68	0
positive indizierte Mittelspannung im Arbeitzylinder	kg/qcm	7,57	6,55	6,64	5,30	4,33	1,90
» » Arbeit N_i^a im Arbeitzylinder	PS	12,93	11,67	11,49	9,33	7,67	3,45
indizierter Arbeitsverbrauch der Luftpumpe N_i^l (geschätzt)	»	0,30	0,30	0,30	0,30	0,25	0,20
indizierte Arbeit $N_i = N_i^a - N_i^l$	»	12,63	11,37	11,19	9,03	7,42	3,25
mechanischer Wirkungsgrad $\frac{N_e}{N_i}$ 100	vH	79,4	78,1	77,0	69,0	63,2	—
Oelverbrauch für 1 st	kg	2,202	2,020	1,920	1,392	1,215	—
» » 1 PSi-st	g	174	178	172	154	164	—
» » 1 PSe-st	»	**219**	**227**	**222**	**234**	**260**	—
Belastung		voll	normal		$^3/_4$	$^1/_2$	Leerlauf

Bemerkungen: Bei Versuch IV (8,88 PSe) betrug der Kühlwasserverbrauch 135 ltr/st; das Wasser wurde dabei von 11° auf 63° erwärmt Bei Versuch XI (10,04 PSe) waren diese Zahlen 98 ltr/st, 11° und 75°.

Während sonst bei allen Versuchen am 8 PS-Motor der Regulator durch ein angehängtes Gewicht belastet war, arbeitete er bei Versuch IV ohne dieses Gewicht. Hieraus erklärt sich die hohe Umlaufzahl dieses Versuches.

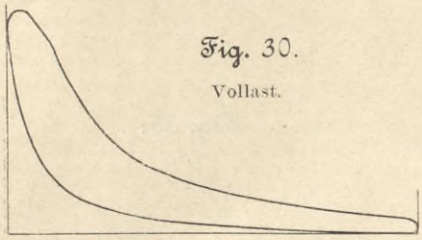


Fig. 30.
Vollast.

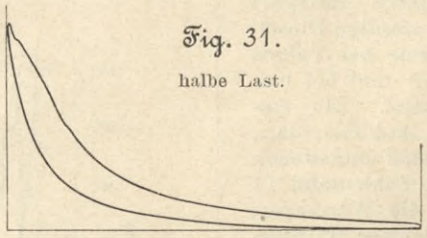


Fig. 31.
halbe Last.

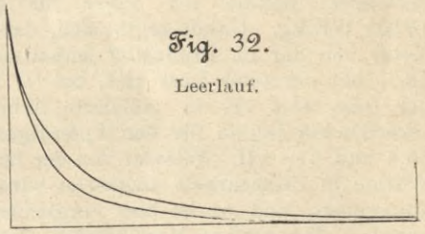


Fig. 32.
Leerlauf.

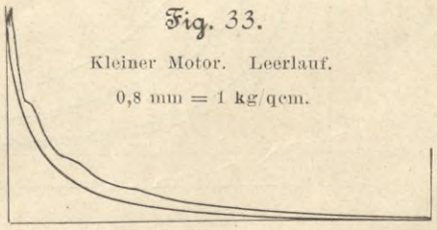


Fig. 33.
Kleiner Motor. Leerlauf.
0,8 mm = 1 kg/qcm.

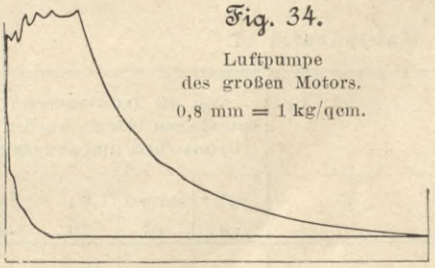


Fig. 34.
Luftpumpe
des großen Motors.
0,8 mm = 1 kg/qcm.

Ventile herausgenommen; an diesen Teilen sowie im Zylinderinnern war ein Ansatz von Unreinigkeiten und Schmutz nicht zu erkennen.

3) Wärmeausnutzung im Vergleich mit derjenigen der Spiritusmotoren.

Um einen Anhaltspunkt dafür zu gewinnen, wie genau etwa man den Heizwert einer Petroleumsorte angeben kann, schickte ich im Oktober 1902 an drei verschiedene Versuchsanstalten, die sich mit der Heizwertbestimmung von Petroleum befassen, je Proben möglichst gleicher Zusammensetzung von russischem und von amerikanischem Petroleum. Von der kgl. chemisch-technischen Versuchsanstalt in Berlin wurden nur Elementaranalysen ausgeführt und daraus die Heizwerte berechnet. Sie ergeben als Gehalt des Petroleums an:

	für das amerikanische Petroleum		für das russische Petroleum	
Kohlenstoff	85,72	Gew.-Proz.	84,42	Gew.-Proz.
Wasserstoff	14,21	»	13,78	»
Sauerstoff	Rest		Rest	

Hieraus berechnet sich auf 1 kg

		amerikanisches Petroleum	russisches Petroleum
der obere Heizwert	WE	11401	11090
die Menge des Verbrennungswassers	kg	1,279	1,240
die entsprechende Verdampfungswärme	WE	767	744
der untere Heizwert	»	10634	10346

Naturgemäß sind diese Zahlen für den Heizwert nicht zu benutzen, da die Berechnung aus der chemischen Analyse richtige Werte nicht zu liefern vermag.

Von den beiden andern Versuchsanstalten: der großh. chem.-techn. Prüfungs- und Versuchsanstalt in Karlsruhe und dem Institut für Gärungsgewerbe in Berlin, wurden die Heizwertbestimmungen in der Berthelot-Mahlerschen Bombe ausgeführt. Die Ergebnisse sind in Zahlentafel 16 zusammengestellt.

Die von den beiden Versuchsanstalten ermittelten Zahlen stimmen auf $^1/_2$ vH miteinander überein, was für technische Zwecke ausreichend ist. Für die Menge des Verbrennungswassers ist die Uebereinstimmung aller drei Anstalten befriedigend.

Zahlentafel 16.

Petroleumsorte		amerikanisches		russisches	
Versuchsanstalt		Karlsruhe	Berlin	Karlsruhe	Berlin
bezogen auf 1 kg Petroleum: oberer Heizwert bei Versuch a)	WE	11099	—	10981	—
» » » » b)	»	11078	—	11004	—
» » Mittelwert	»	11089	11044	10993	10969
Menge des Verbrennungswassers	kg	1,2654	1,2856	1,2258	1,2084
entsprechende Verdampfungswärme	WE	759	771	735	723
unterer Heizwert	»	10330	10273	10258	10246

Von dem russischen Petroleum, das zur Speisung der beiden Diesel-Motoren verwendet wurde, habe ich während der Versuche eine Probe entnommen und sie dem Institut für Gärungsgewerbe zur Heizwertbestimmung übersandt. Die Verbrennung in der Mahlerschen Bombe ergab als

oberen Heizwert von 1 kg { bei Versuch a) . . 11000 WE
» » b) . . 11083 »

die Verdampfungswärme des Verbrennungswassers betrug . . . . . 730 »

und somit der untere Heizwert { bei Versuch a) 10270 »
» » b) 10353 »

Der letztere Wert 10353 dürfte im Hinblick auf die Zahlen der Tafel 16 etwas zu hoch sein, während der Wert 10270 WE mit ihnen gut übereinstimmt. Als abgerundeten Mittelwert nehme ich daher für den unteren Heizwert 10300 WE/kg. Damit ergibt sich, daß der 70pferdige Diesel-Motor von der im Brennstoff enthaltenen Wärme bei Vollast 40,1, bei normaler Last 40,4, bei $^3/_4$ Last 41,7 und bei halber Last 41,4 vH in indizierte Arbeit umsetzt. Die entsprechenden Zahlen für den 8pferdigen Motor sind 35,3, 35,7, 39,8 und 37,6 vH. Wieviel von der im Brennstoff enthaltenen Wärme in Bremsarbeit umgesetzt wird, ist in Zahlentafel 17 angegeben, und es ist hier vergleichshalber die Wärmeausnutzung des großen Marienfelder und des Deutzer Spiritusmotors nochmals eingetragen.

Zahlentafel 17.

	Von der im Brennstoff enthaltenen Wärme wurden in Bremsarbeit umgewandelt			
Größe der Belastung	voll vH	normal vH	$^3/_4$ vH	$^1/_2$ vH
70pferdiger Diesel-Motor	32,6	31,9	30,5	27,4
8 » Diesel-Motor	28,0	27,6	26,2	23,6
14 » Marienfelder Spiritusmotor	32,7	29,0	—	22,7
12 » Deutzer Spiritusmotor	31,6	29,6	—	22,7

Der günstigste Verbrauch, der bei meinen Versuchen an einem 30pferdigen Diesel-Motor im Jahre 1900 festgestellt wurde, beträgt 204 g für 1 PS_e-st. Trotzdem der 70pferdige Diesel-Motor demgegenüber einen günstigsten Verbrauch von 188 g und daher eine Verbesserung von rd. 8 vH aufweist, kommt ihm der 14pferdige Marienfelder Spiritusmotor bei Vollast in der Wärmeausnutzung doch gleich und übertrifft damit die Wärmeausnutzung des 8pferdigen Diesel-Motors bei weitem. Insofern ist aber der Diesel-Motor dem Spiritusmotor doch überlegen, als mit Abnahme der Belastung bei ihm der thermische Wirkungsgrad nur sehr wenig abnimmt, während dies beim Spiritusmotor rasch geschieht. So besitzt der 70pferdige Diesel-Motor bei halber Belastung noch 27,4 vH Wärmeausnutzung, die beiden damit verglichenen Spiritusmotoren dagegen nur 22,7 vH; sie stehen also bei halber Belastung sogar gegen den 8pferdigen Diesel-Motor zurück, der hierbei 23,6 vH Wärmeausnutzung aufweist. Der Brennstoffverbrauch des großen Diesel-Motors nimmt zwischen Vollast und halber Last von 188 auf 224 g, d. h. um 19 vH seines anfänglichen Wertes zu, derjenige des Marienfelder Motors von 352 auf 508 g, d. h. um 44 vH. Um diese Verhältnisse recht anschaulich zu machen, habe ich den Brennstoffverbrauch des großen Diesel-Motors, auf Spiritus bezogen, d. h. mit $\frac{10300}{5500}$ multipliziert, in gleicher Weise wie denjenigen der Spiritusmotoren in Fig. 1 (S. 518) in Funktion der Belastung in einer Kurve dargestellt. Diese Kurve beginnt bei 100 vH Belastung an der Kurve des 14pferdigen Marienfelder Motors, fällt aber mit Abnahme der Belastung sehr viel rascher als die Kurven der Spiritusmotoren.

Durch eine einfache Betrachtung kann man nachweisen, daß der Diesel-Motor einerseits bei Vollast die Wärme nicht günstiger ausnutzen kann als der Marienfelder Motor, gleiche Arbeitsverluste vorausgesetzt, obgleich in ihm der Kompressionsgrad $\varepsilon = 15{,}40$ und die Kompressions-Endspannung 35 kg/qcm beträgt gegenüber $\varepsilon = 10{,}26$ und 16 kg/qcm beim Marienfelder Motor, daß in ihm aber anderseits mit Abnahme der Belastung die Wärmeausnutzung günstiger sein muß als bei allen Spiritusmotoren. Zu diesem Zwecke sind in Fig. 35 das Vollastdiagramm des 70pferdigen Diesel Motors ausgezogen, sein Halblastdiagramm gestrichelt und schließlich das Diagramm des Marienfelder Motors, das für alle Belastungen nahezu gleich bleibt, strichpunktiert je im gleichen Maßstabe und für die gleiche Wärmeentwicklung der Ladung übereinander gezeichnet[1]). Das Volumverhältnis $\frac{V_0}{V_c'}$ beim Diesel-Motor ist $= 15{,}40$, das Verhältnis $\frac{V_0}{V_c''}$ beim Spiritusmotor 10,26 gemacht. Dabei ist angenommen, daß die Verbrennung im Diesel-Motor bei konstantem Druck erfolgt; der Kolbenweg,

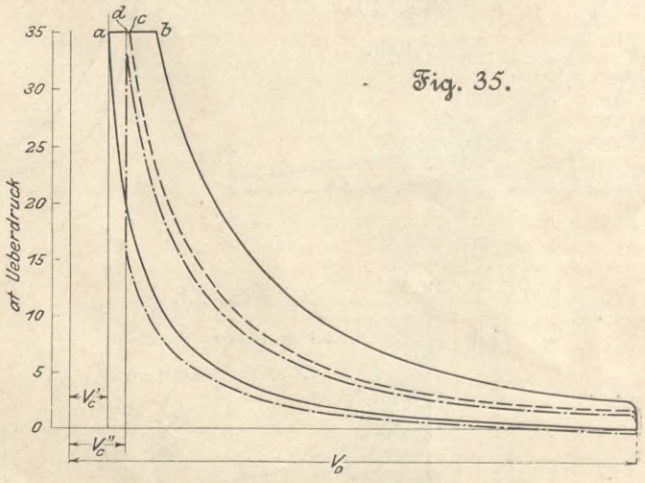


Fig. 35.

während dessen die Verbrennung stattfindet, ist daher durch Rückverlängerung der Expansionslinie (was in diesem Falle genügend genau ist) auf den Druck 35 kg/qcm bezogen, so daß bei Vollast die Verbrennungslinie *ab*, bei halber Last diejenige *ac* entsteht. Das Kolbenvolumen *ab*, das während der Verbrennung bestrichen wird, ermittelt sich aus dem Diagramm Fig. 30 zu $ab = 0{,}09\ V_0$, das Volumen *ac* aus dem Diagramm Fig. 31 zu $ac = 0{,}04\ V_0$. Die innere Volumgrenze des Spiritusmotors (entsprechend dem Volumen V_c'') schneidet die Verbrennungslinie in einem Punkte *d* zwischen *a* und *b*. Zerlegt man nun durch eine Adiabatenschar die 3 Diagramme in Elementarkreisprozesse, so erkennt man, daß alle Elementarkreisprozesse beim Spiritusmotor denselben Expansionsgrad $\varepsilon = 10{,}26$ besitzen und daher hinsichtlich der Wärmeausnutzung alle gleichwertig sind. Von den Elementarkreisprozessen des Dieselschen Vollbelastungsdiagrammes besitzen wohl alle diejenigen, die links von der durch *d* gehenden Adiabate liegen, einen größeren Expansionsgrad als 10,26 (der am weitesten links gelegene Elementarprozeß sogar den Expansionsgrad 15,40) und damit eine günstigere Wärmeaus-

[1]) Die Ansaugespannung des Marienfelder Motors ist kleiner als die des Diesel-Motors. Daher liegt die Kompressionslinie des ersteren unter der Kompressionslinie des letzteren.

nutzung als die Elementarprozesse des Spiritusmotors; allein dafür besitzen die rechts von der Adiabate durch *d* liegenden Elementarprozesse einen mit ihrer Entfernung von dieser Adiabate gegenüber 10,26 stetig abnehmenden Expansionsgrad und damit eine gegenüber der Wärmeausnutzung des Spiritusmotors stetig abnehmende Ausnutzung. So ergibt im Mittel aus den günstigeren und den weniger günstigen Elementarprozessen der Gesamtkreisprozeß des vollbelasteten Diesel-Motors eine Wärmeausnutzung, die nur ungefähr ebenso groß ist wie die des Marienfelder Motors. Da aber für halbe Belastung der Endpunkt *c* der Verbrennung im Diesel-Motor fast auf der inneren Volumgrenze des Spiritusmotors liegt, so sind beinahe alle Elementarprozesse des ersteren günstiger, und daher ist die Wärmeausnutzung des Gesamtprozesses bei halber Last größer als beim Spiritusmotor. Die Regulierung des Diesel-Motors ist also nicht bloß im Hinblick auf die große Gleichmäßigkeit der Diagramme, auf den sehr gleichförmigen Gang des Motors und die bis zum Leerlauf herab gesicherte sehr gute Verbrennung die günstigste von allen Regelungen für Verbrennungskraftmaschinen, sondern auch deshalb, weil die Wärmeausnutzung des Kreisprozesses mit Abnahme der Belastung erheblich zunimmt, was sich unmittelbar in den Verbrauchszahlen für die indizierte Leistung kundgibt.

Die Verwendung des Spiritus im Diesel-Motor scheint auf Schwierigkeiten zu stoßen. Da aber bei seiner Verwendung weder der Kompressionsgrad erhöht, noch die Verbrennung, die schon bei Petroleum ganz oder nahezu vollständig ist, vollkommener gemacht werden könnte, so bietet bei diesem Motor die Ersetzung des Petroleums durch Spiritus nicht Vorteile wie bei den übrigen Petroleummotoren. Hier ist vielmehr immer der billigere Brennstoff vorzuziehen, und es ist deshalb bemerkenswert, daß der Diesel-Motor mit Brennstoffen wie Tegernseer Rohöl und Paraffinöl, die gegenüber dem Petroleum minderwertig und daher wesentlich billiger sind, zu arbeiten vermag, ohne daß die Wärmeausnutzung in nennenswertem Maße darunter leidet.

Auszug aus:

Neuere Leistungen der München-Augsburger Maschinenindustrie.

Von **M. Schröter.**

(Zeitschrift des Vereines deutscher Ingenieure 1903 Nr. 28.)

Wenn ich mir versage, an dieser Stelle auf die dem deutschen Maschinenbau zur Ehre gereichenden Erzeugnisse der Maschinenfabrik Augsburg auf dem Gebiete des Dampfmaschinen- und Turbinenbaues, des Baues von Pumpwerkanlagen, Kältemaschinen, Transmissionen und Buchdruckmaschinen näher einzugehen, so mag als Entschuldigungsgrund dienen, daß den Lesern dieser Zeitschrift mit einem solchen Bericht nichts Unbekanntes gesagt würde, da die führende Rolle dieser größten und leistungsfähigsten Fabrik innerhalb des bayerischen Bezirksvereines auf diesen Gebieten allgemein anerkannt ist. Dagegen glaube ich mit um so größerem Nachdruck auf diejenige Neuerung hinweisen zu dürfen, welche als die bedeutendste und folgenschwerste auf dem Gebiet des Motorenbaues innerhalb der letzten 5 Jahre ihren Ursprung in der Maschinenfabrik Augsburg hat: auf den Diesel-Motor. Es unterliegt keinem Zweifel, daß auch der erstaunliche Aufschwung, den seine Fabrikation in den letzten $1^1/_2$ Jahren genommen hat, in allererster Linie den Erfolgen zuzuschreiben ist, welche die Maschinenfabrik Augsburg durch unentwegte zielbewußte Weiterarbeit in der konstruktiven Durchbildung des in ihren Werkstätten zum Leben erstandenen Motors erzielt hat.

Es ist hier nicht der Ort, theoretische Betrachtungen anzustellen oder ausführliche Versuchsberichte mitzuteilen; wenige, sichergestellte Zahlen mögen genügen, um den Fortschritt zu kennzeichnen.

Wie die Zahlentafel zeigt, ist es gelungen, sowohl den thermischen als auch den mechanischen Wirkungsgrad erheblich zu verbessern. Die Zahlen sind ja — streng genommen — nicht ohne weiteres miteinander zu vergleichen, weil sie sich auf Motoren verschiedener Größe beziehen; aber sie reden doch eine deutliche Sprache und bestätigen die Ueberlegenheit des Diesel-Motors über alle andern Wärmekraftmaschinen in bezug auf Oekonomie der Umwandlung der Wärmeenergie des rohen Brennstoffes in mechanische Arbeit aufs glänzendste. Dabei ist die Möglichkeit nach weiterer Erhöhung des Wirkungsgrades, wenn auch natürlich mit immer geringer werdenden Beträgen, nicht in Abrede zu stellen. Zwei Hauptursachen sind es, welche den bedeutenden Fortschritt erreichen ließen: 1) die Erhöhung des thermischen Wirkungsgrades durch verbesserte Konstruktion der Einspritzdüse des Brennstoffes und genauere Arbeit der Brennstoffpumpe, wodurch alle Einzelheiten des Diagrammes feiner ausgearbeitet wurden, und 2) die Erhöhung des mechanischen Wirkungsgrades durch Vervollkommnung der Fabrikation und Vereinfachung in der Konstruktion, wie: Verkleinerung der Einblaseluftpumpe, Beseitigung des Kreuzkopfes, allgemeine Verwendung von Ringschmierlagern usw. Alle diese Maßnahmen haben auch auf die Abmessungen, Gewichte und Preise eingewirkt, wie folgende Zahlentafel zeigt, die sich auf Ausführungen der Maschinenfabrik Augsburg bezieht:

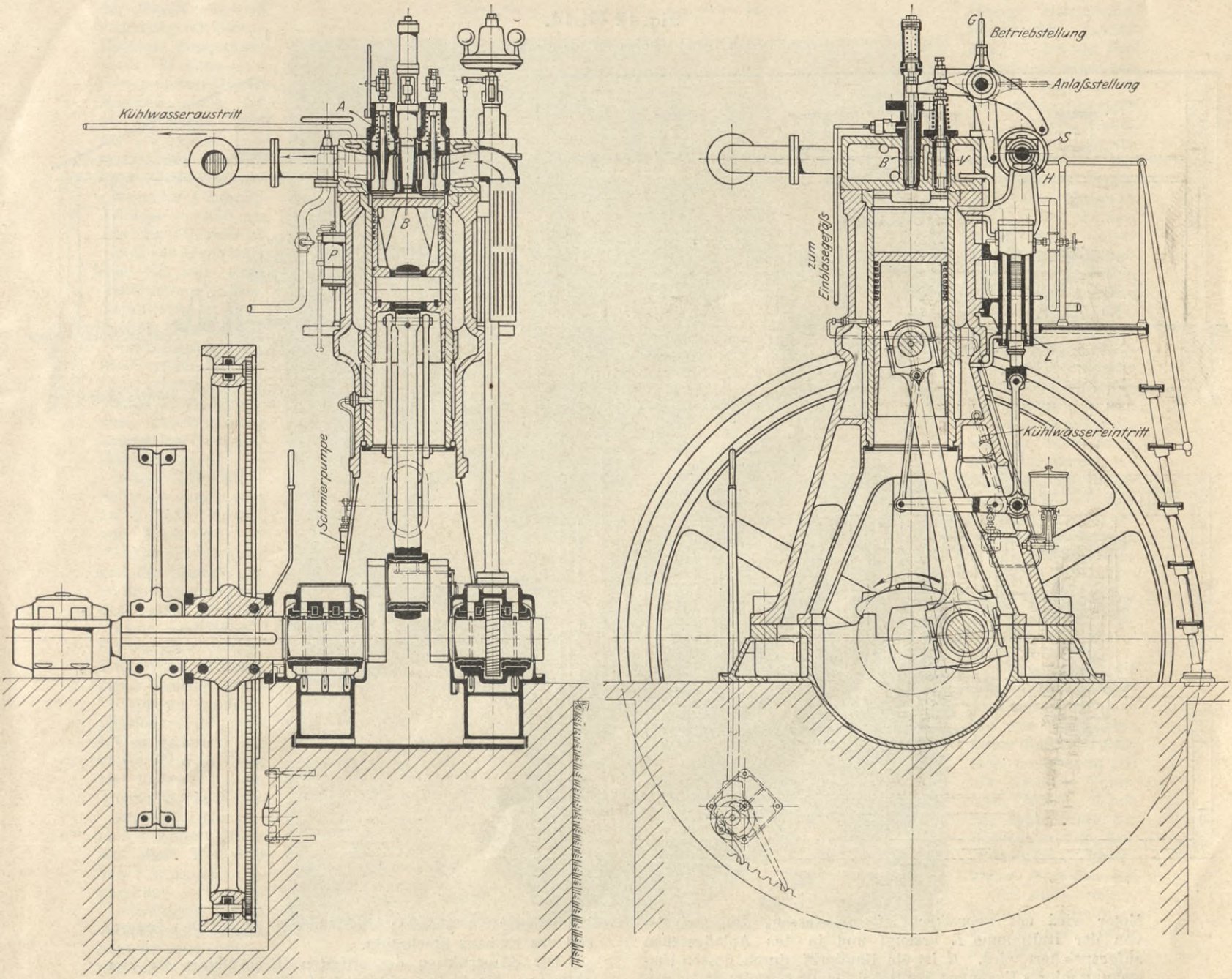
Versuch von	Datum	Ausnutzung des Brennstoff-Heizwertes bei normaler Belastung in vH		Erdölverbrauch für 1 PS-st in kg		mechanischer Wirkungsgrad	effekt. Leistung
		indiziert	effektiv	indiziert	effektiv	vH	PS
Prof. M. Schröter, München	17. 2. 97	34,2	25,7	0,185	0,247	74,8	einzyl. 20
Prof. Eug. Meyer, Charlottenburg	9. 6. 02	41,0	32,0	0,152	0,192	80	einzyl. 70
Prof. Lundholm, Techn Hochschule, Stockholm	25. 10. 02	nicht bestimmt	36,8	nicht bestimmt	0,173	rd. 85 bei gleicher indiz. Ausnutzung wie die vorige	dreizyl. 120
Verbesserung in vH des ersten Wertes		20	43	20	30	13	

effektive Leistung in PS		Einzylinder 20	Einzylinder 30	Zweizylinder 40	Zweizylinder 60
Gewicht in kg . .	1899	6 500	9 500	12 000	17 000
	1903	4 800	7 800	8 400	12 600
Preis in ℳ . . .	1899	11 500	16 000	21 000	28 000
	1903	8 000	10 400	14 900	19 500
Verminderung gegen früher	des Gewichtes vH	26	25	30	26
	des Preises »	30	35	29	30

Hand in Hand mit diesen Verbesserungen ist eine stetige Erweiterung der Leistunggrenzen, nach unten für das Kleingewerbe, nach oben für die Großindustrie, gegangen. Man stellt heute Diesel-Motoren laufend bis zu 4 PS und hinauf bis zu Einheiten von 500 bis 600 PS her, während die Preislisten als nicht laufende, aber lieferbare Größeneinheiten bis 1000 PS (Amerika) und »bis zu jeder Leistung« in Deutschland (Maschinenfabrik Augsburg) ankündigen.

Fig. 10 und 11 zeigen die heutige Konstruktion eines

Fig. 10 und 11. Diesel-Motor von 125 PS.



Es haben demnach bei den neueren Diesel-Motoren die Gewichte um rd. 25 vH, die Preise um 30 vH abgenommen; auch die Bauhöhe ist wesentlich verringert worden[1]).

[1]) Im Auslande sind noch größere Gewichtsersparnisse erzielt worden; so hat die Aktiebolaget Diesels Motorer in Stockholm durch die Ausbildung kurzhübiger schnellaufender Motoren erreicht, daß der 30pferdige Motor mit leichtem oder schwerem Schwungrade 4900 und 6250 kg wiegt, der 60pferdige 7150 und 8500 kg.

Augsburger Einzylindermotors von 125 PS Normal- und 150 PS Höchstleistung mit allen Einzelheiten, wozu nur bemerkt sei, daß die kleine Luftpumpe *L* nicht mehr wie früher ihre Luft aus der Umgebung erhält, sondern sie vermittels des gesteuerten Entnahmeventiles *V* vorgepreßt dem Arbeitszylinder entnimmt, um sie auf den Einblasedruck von 45 bis 50 kg/qcm weiter zusammenzudrücken. Der Hubraum der Luftpumpe ist dadurch auf $^1/_{15}$ des früheren verkleinert. Die Luftpumpe eines 100pferdigen Motors ist daher heute nur so groß wie früher die eines 6pferdigen Motors,

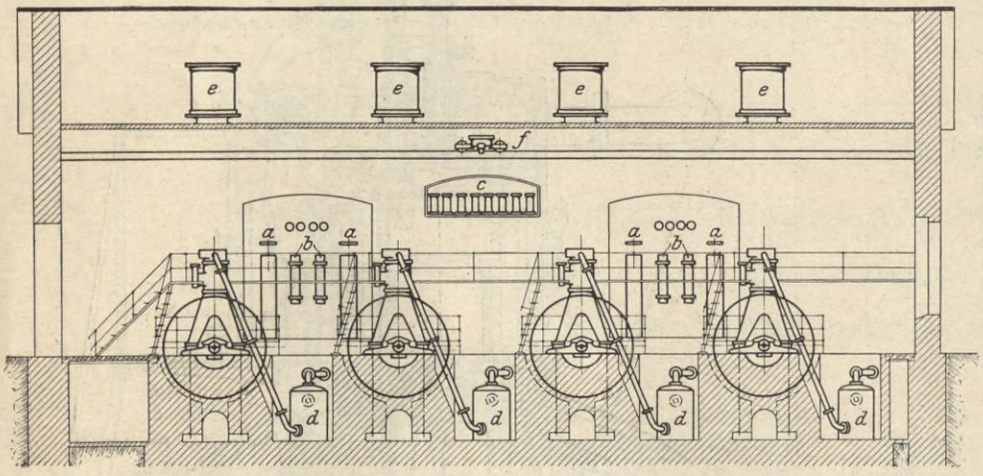
oder die frühere Luftpumpe eines 20pferdigen Motors reicht heute für 300 PS aus. Damit sind wesentliche Konstruktionsvereinfachungen und Arbeitsgewinn verbunden. Das Eintrittventil für die Arbeitsluft ist *E*; die Luft durchströmt ein zur Verminderung des Ansaugegeräusches mit zahlreichen Schlitzen versehenes Rohr. *A* ist das Auslaßventil. Durch die Brennstoffpumpe *P* wird die für jeden Hub nötige Menge Brennstoff, dem Arbeitsbedarf angepaßt, dem Brennstoffventile *B* zugeführt; letzteres ist durch eine Rohrleitung mit dem Einblasegefäß für den Brennstoff verbunden.

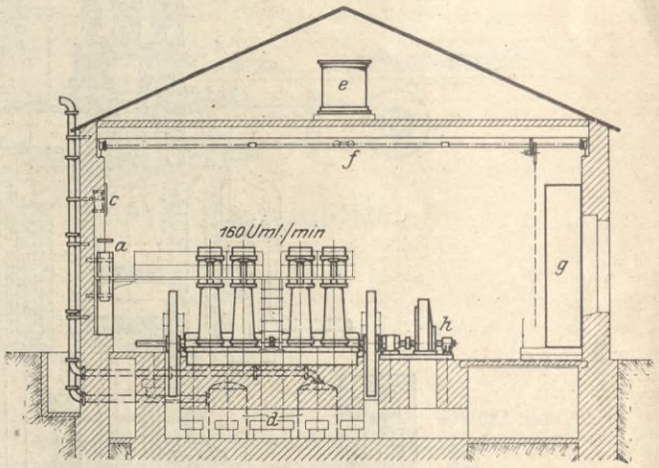
S sind die Steuerscheiben auf der Steuerwelle *H*, die sich mit der halben Umlaufzahl des Motors dreht. Der Motor wird mit gepreßter Luft angelassen, die ebenfalls von der Luftpumpe *L* erzeugt und in den Anlaßgefäßen aufgespeichert wird. *G* ist ein Handgriff, durch dessen Umstellung mittels Exzenters der Hebel des Brennstoffventiles von der Anlaßstellung (bei welcher kein Petroleum in den Zylinder gelangt) in die Betriebstellung gebracht wird.

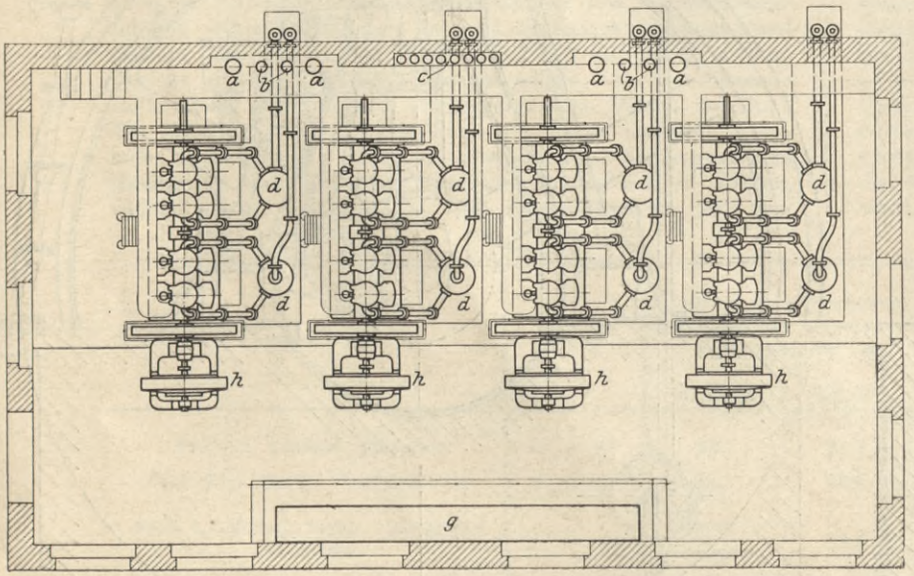
Der auffallendste und in seinen praktischen Folgen weitesttragende Unterschied gegen die ältere Bauart ist das Fehlen des Kreuzkopfes. Es hat sich durch die Erfahrung ganz unzweifelhaft herausgestellt, daß kreuzkopflose Motoren besser sind als solche mit Kreuzkopf. Diese Erfahrung steht im Widerspruch mit älteren, auch neuerdings noch stark vertretenen Anschauungen, welche der Dampfmaschinenpraxis entnommen aber nicht ohne weiteres auf Verbrennungsmotoren übertragbar sind. Der dünne, scheibenartige Kolben der Dampfmaschine kann sich nicht so selbst stützen wie der lange Motorkolben; da man letzterem im Durchmesser und in der Länge fast beliebig große Abmessungen geben kann, so wird der Flächendruck ein ganz geringer Bruchteil ($^1/_6$ bis $^1/_{10}$ und noch weniger) von dem der reichlichst bemessenen Kreuzköpfe. Dazu kommt, daß der Motorkolben in wassergekühlter Führung und in einem durch eine Druckpumpe sorgfältig unterhaltenen Oelbade arbeitet. Daß der obere Kolbenteil heiß wird, ändert an diesen vorteilhaften Arbeitsbedingungen nichts; soweit dies der Fall ist, hält man natürlich den Kolbendurchmesser klein genug, um seine freie Ausdehnung zu sichern; die Führung ist auf den unteren Teil des Kolbens beschränkt.

Fig. 12 bis 14.

Kraftwerk mit Diesel-Motoren für die Straßenbahn in Kiew.







a Anlaßgefäße
b Einblasegefäße
c Brennstoff-Filtriergefäße
d Auspufftöpfe
e Brennstoffbehälter von je 3 cbm Inhalt
f Laufkran von 2500 kg Tragkraft
g Schalttafel
h Dynamomaschinen

Die Konstruktion des ortfesten Diesel-Motors als Viertaktmotors für kleine und große Leistungen ist im wesentlichen nunmehr festgelegt, seine Verwendbarkeit für beliebige Oelsorten sowie seine Betriebsicherheit vollständig nachgewiesen; die weitere Ausbildung wird vor allem der Ausdehnung des Verwendungsgebietes gewidmet sein. Wenn diese Aufgabe die Maschinenfabrik Augsburg wegen Ueberhäufung mit Aufträgen für ortfeste Motoren noch nicht in größerem Umfange beschäftigt, so sind dafür in andern Ländern die den Diesel-Motor ausführenden Firmen nach andern Richtungen tätig gewesen, und es möge gestattet sein, mit Rücksicht auf das hohe allgemeine Interesse, wel-

ches der Gegenstand bietet, zum Schluß über die eigentlich diesen Ausführungen gezogenen Grenzen hinauszugreifen und eine Zusammenstellung der verschiedenen Konstruktionen mitzuteilen, zu denen der Diesel-Motor ausgebildet worden ist, ohne dabei aus dem Auge zu verlieren, daß der große durchschlagende Erfolg der jüngsten Zeit in erster Linie den Ausführungen der Maschinenfabrik Augsburg zu danken ist.

In Fig. 12 bis 14 ist ein bemerkenswertes, noch in diesem Jahr in Betrieb kommendes elektrisches Krafthaus dargestellt, das für die städtische Straßenbahn in Kiew von der Maschinenfabrik Augsburg mit Diesel-Motoren ausgerüstet wird. Es kommen 4 Gruppen von Diesel-Motoren, jede mit 400 PS Normal- und 500 PS größter Leistung, zur Aufstellung. Jede Motorengruppe hat 4 Arbeitszylinder von 450 mm Dmr. bei 650 mm Hub und 160 Uml./min und ist mit einer Gleichstromdynamo der Allgemeinen Elektricitäts-Gesellschaft, Berlin, gekuppelt, Die Kurbeln sind versetzt, so daß auf jede halbe Umdrehung eine Arbeitsleistung kommt. Der Ungleichförmigkeitsgrad beträgt $^1/_{380}$. Die Schwungmassen sind auf 2 Räder verteilt; mit Rücksicht auf Torsionsschwingungen der Kurbelwelle ist die Hauptmasse in das neben der Dynamo befindliche Schwungrad verlegt. Bei täglich 16stündigem Betrieb von 3 Gruppen werden jährlich rd. 4000000 KW-st geliefert; die vierte Gruppe dient als Reserve. Zum Ausgleich der Kraftschwankungen ist eine Pufferbatterie mit einer Kapazität von 330 Amp-st vorgesehen.

Als Treiböl kommt ausschließlich Rohnaphtha zum Preise von rd. 35 Kopeken für 1 Pud = rd. 4,50 ℳ für 100 kg frei Verbrauchstelle zur Verwendung; ausbedungen ist, daß der Verbrauch 308 g für 1 KW-st nicht überschreitet, so daß sich die Brennstoffkosten auf rd. $1^1/_3$ Pfg/1 KW-st belaufen. Der Hauptbrennstoffbehälter, 15 cbm fassend, befindet sich in der Nähe des Maschinenhauses; von da wird der Brennstoff durch eine elektrisch angetriebene Pumpe in die innerhalb des Maschinenhauses hoch gelagerten Brennstoffbehälter gefördert, um selbsttätig den Motoren zuzufließen. Das Kühlwasser, 10 ltr für 1 PS_e-st, wird dem Dnjepr, an dem das Krafthaus liegt, entnommen. Der Verbrauch an russischem Schmieröl beträgt rd. 3 g für 1 PS_e-st; das abfließende Oel wird gesammelt, gereinigt und wieder verwendet. Für Bedienung bei 16stündigem Betrieb sind vorgesehen: 1 Maschinenmeister, 6 Maschinisten und 2 Mann für die Schalttafel.

Die Ersparnis an Betriebskosten gegenüber dem seitherigen Strombezug aus einem Kraftwerk mit Dampfbetrieb berechnet sich auf über 200000 ℳ jährlich.

In Fig. 15 ist der erste von der Maschinenfabrik Augsburg gleich nach Abschluß der Versuchszeit gelieferte Motor in seinem Maschinenhaus bei der Aktiengesellschaft Union, Filiale Kempten, abgebildet. Es ist ein zweizylindriger Motor von 60 PS_e, seit März 1898 in Betrieb und seitdem die einzige Betriebsmaschine der Fabrik. Fig. 16 ist ein einzylindriger Motor von 70 PS_e und Fig. 17 ein zweizylindriger von 140 PS_e heutiger Bauart, gleichfalls von der Maschinenfabrik Augsburg. Die Figuren 15 und 17 sind von derselben Seite aufgenommen und gestatten einen unmittelbaren Vergleich. Man erkennt den bedeutenden Höhenunterschied infolge Beseitigung des Kreuzkopfes. Das Aussehen der Maschine in Fig. 17 hat wesentlich gewonnen durch Fortfall einer Menge von Stangen und Steuerungsteilen, von umständlichen Schmiervorrichtungen und dergl. Sehr wesentlich ist auch die Verkleinerung der Luftpumpe, deren leichte Formen in Fig. 16 erkennbar sind.

Fig. 15.

Diesel-Motor von 60 PS_e aus dem Jahre 1898.

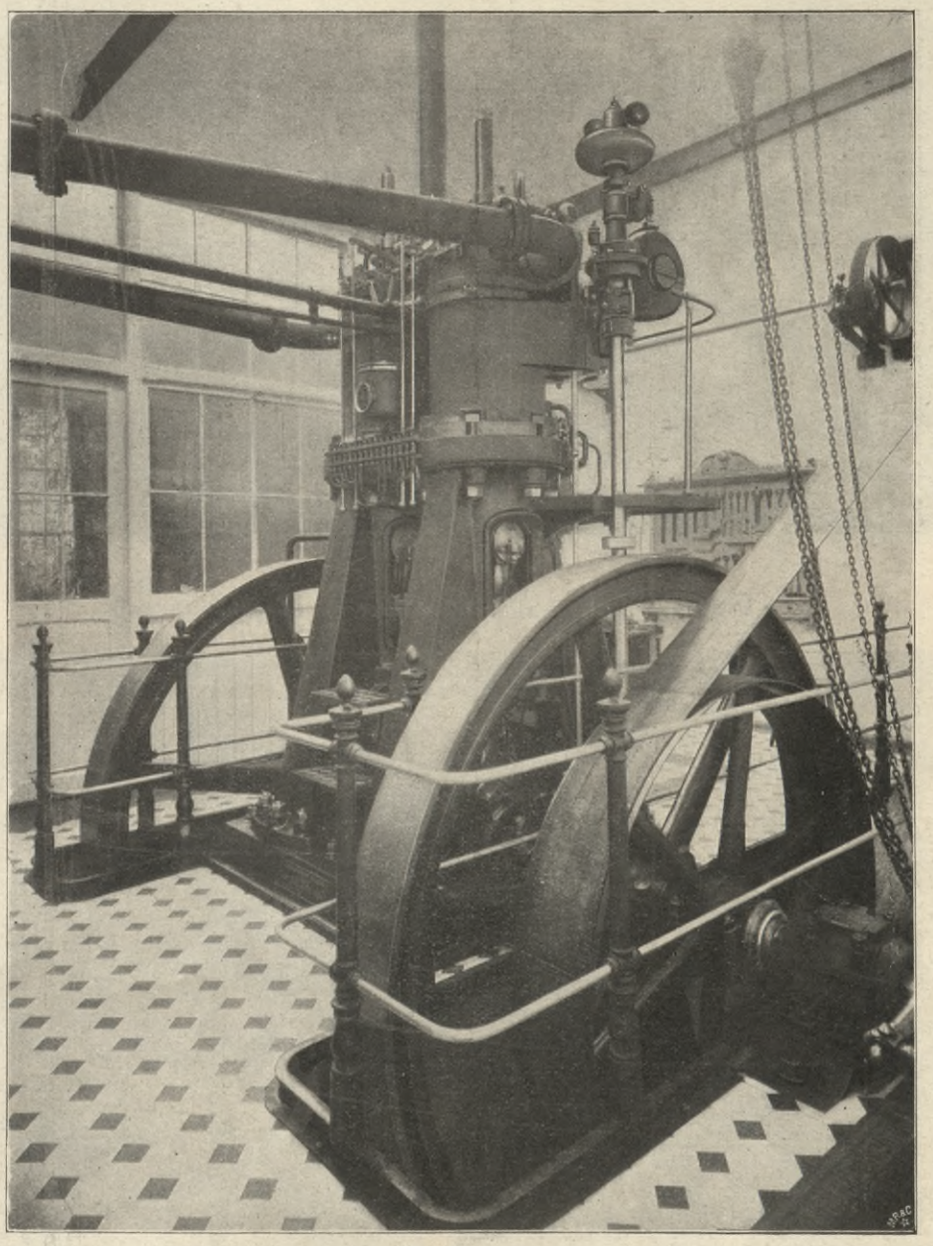


Fig. 18 zeigt die Augsburger Kleingewerbemaschine, bei der die Luftpumpe unten links am Rahmen angebracht ist; die kleinen Pümpchen rechts dienen zur Schmierung des Kolbens und des Kolbenzapfens. Diese kleine Maschine hat sich rasch viele Freunde erworben; sie ist bei großer Festigkeit hervorragend elegant, läuft ganz geräuschlos und bedarf überhaupt keiner Wartung, da alles an ihr selbsttätig ist.

Die Umgestaltung der Diesel-Maschine aus ihrer ersten Form in die heute in Deutschland gebräuchliche, welche auch im Ausland vielfach als Vorbild gedient hat, ist das Werk der beiden Oberingenieure der Maschinenfabrik Augsburg Vogt und Lauster.

Merkwürdig verschieden von der deutschen ist die Ausgestaltung der amerikanischen Diesel-Motoren. Fig. 19 zeigt einen Teil des Maschinenhauses der Corliss-Werke in Providence, aus welchem Werk die erste Corliss-Maschine hervorgegangen ist. Es ist beachtenswert, daß dieses Werk heute

Fig. 16. Einzylindriger Diesel-Motor von 70 PSe.

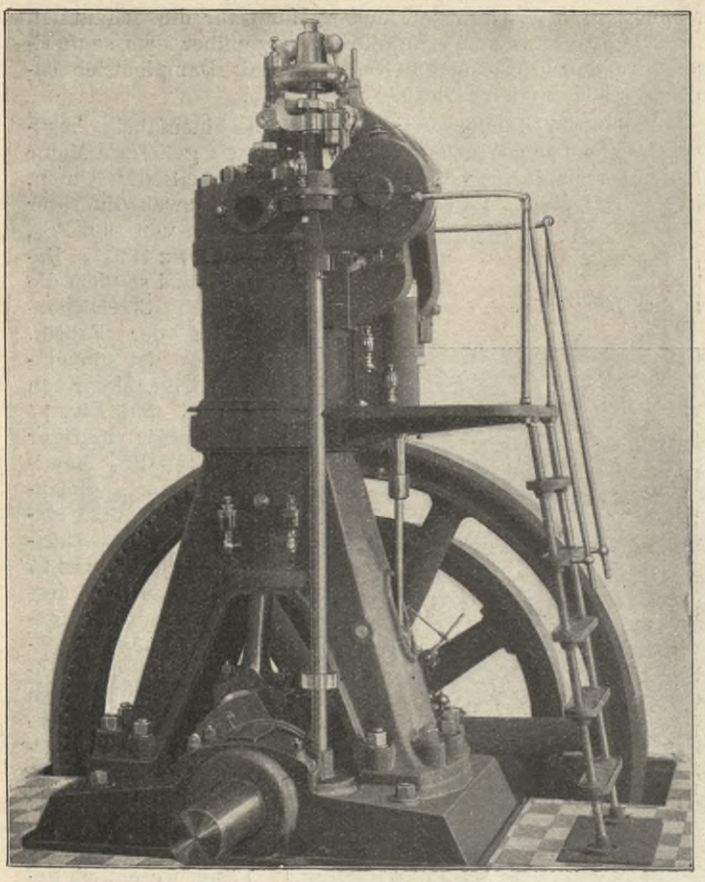


Fig. 18. Kleingewerbemaschine (Diesel-Motor) von 8 PSe.

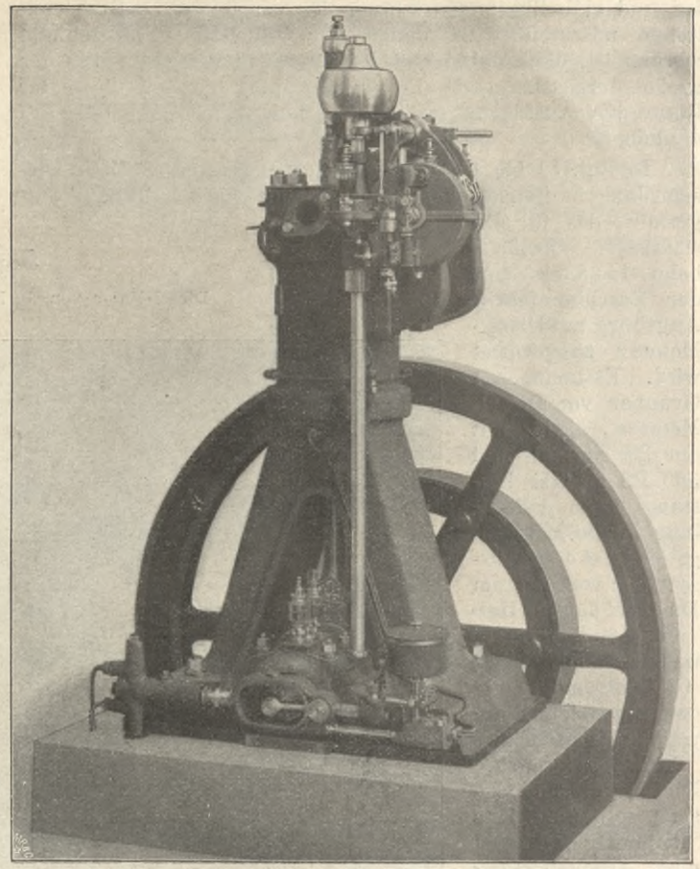
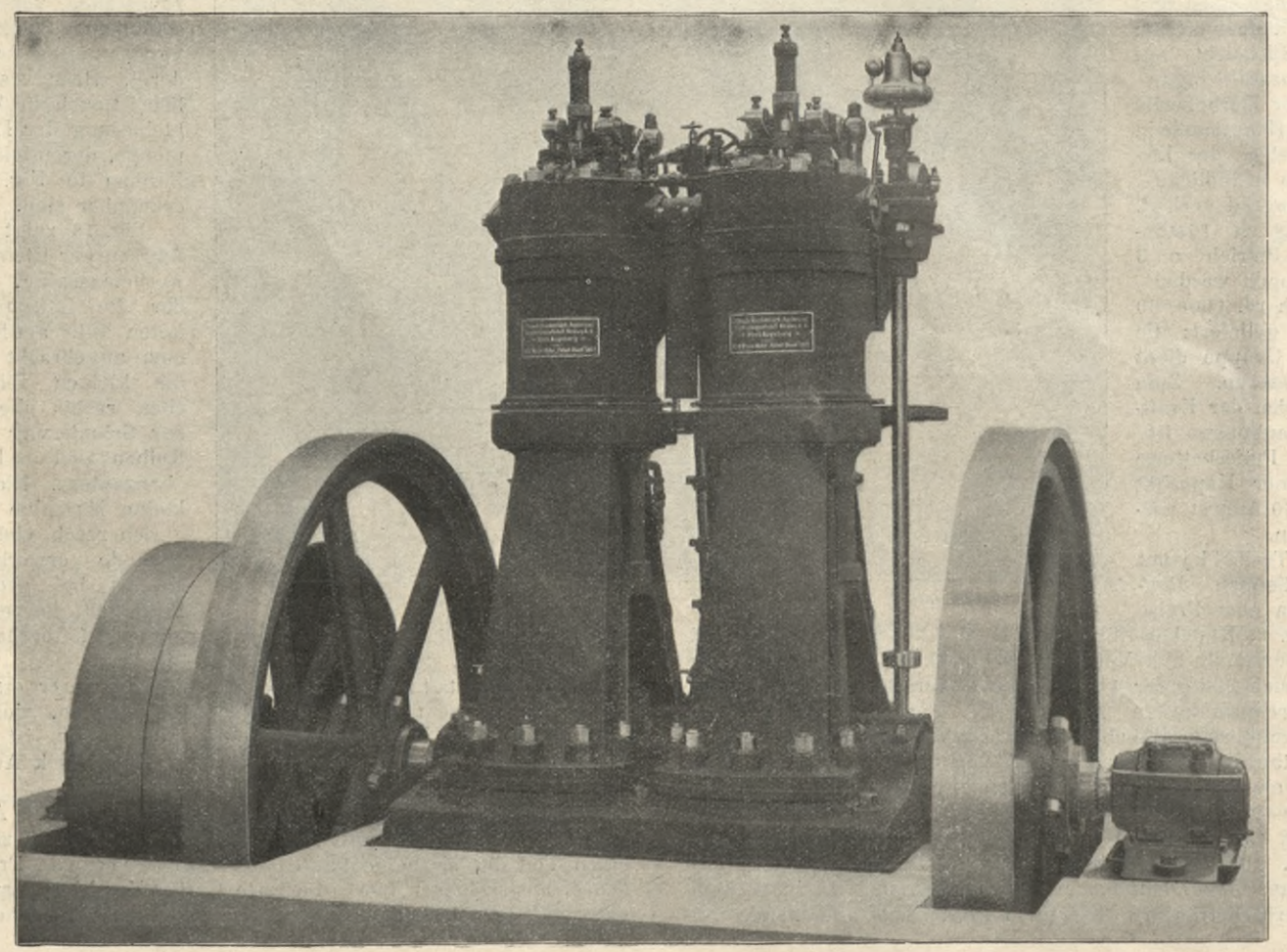


Fig. 17. Zweizylindriger Diesel-Motor von 140 PSe.



ausschließlich durch Diesel-Motoren angetrieben wird und sich nur mit der Fabrikation von solchen befaßt.

Fig. 19 stellt Einzylindermotoren dar, während Fig. 20 und 21 Ansichten eines dreizylindrigen Motors sind, der jetzt bis zu 1000pferdigen Einheiten hergestellt wird. Die Steuerwelle liegt unten im Innern des Kastens; dort läuft alles im Oelbade, wodurch auch die Kolben genügend geschmiert werden. Die für alle Zylinder gemeinsame Petroleumpumpe und ihre Verbindung mit dem Regulator ist in Fig. 21 rechts am Sockel zu sehen. Bei kleinen Modellen wird die Luftpumpe ebenfalls im Gestellkasten untergebracht; bei großen Maschinen dagegen wird sie als Verbundpumpe gesondert neben dem eigentlichen Motor aufgestellt. Es hängt dies damit zusammen, daß in Amerika die Vereinzelung der Kraftabgabe unter weitgehender Beseitigung der Transmissionen, d. h. also die Aufstellung vieler kleiner Krafteinheiten, als leitender Grundsatz neuerer Werkstätteneinrichtungen schon erkannt und sehr weit durchgeführt ist; in solchen Fällen wird dann für sämtliche Motoren eine einzige Zentral-Luftpumpe aufgestellt, ähnlich wie Zentralkondensationen bei Dampfanlagen. Da kein Hindernis besteht, auch eine einzige Brennstoffpumpe für alle Maschinen aufzustellen, so kommen in diesem Falle die übrigen Luft- und Brennstoffpumpen in Wegfall, und die Motoren erhalten eine nicht mehr zu übertreffende ideale Einfachheit.

Diese höchst bemerkenswerte und zukunftreiche Ausgestaltung der Diesel-Maschi-

Fig. 19.

Einzylindrige Diesel-Motoren amerikanischer Bauart.

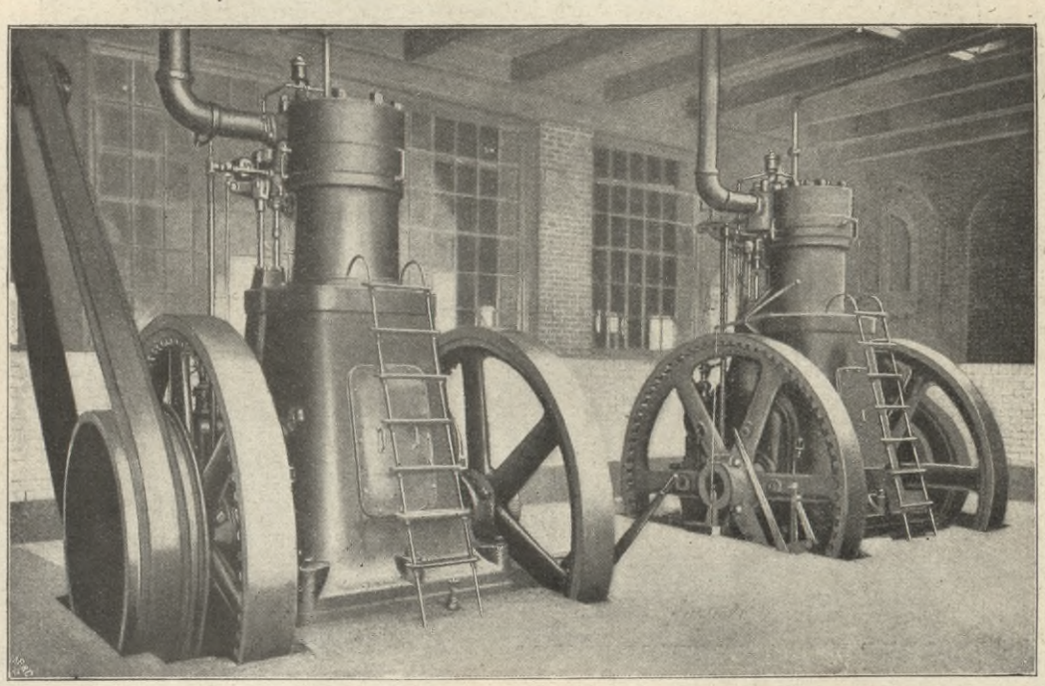
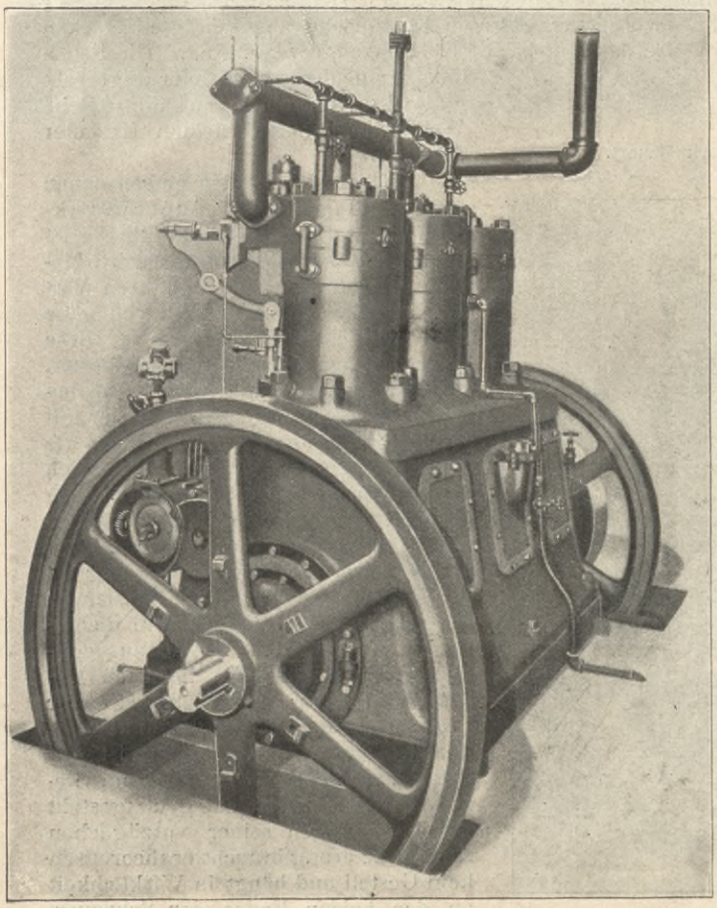
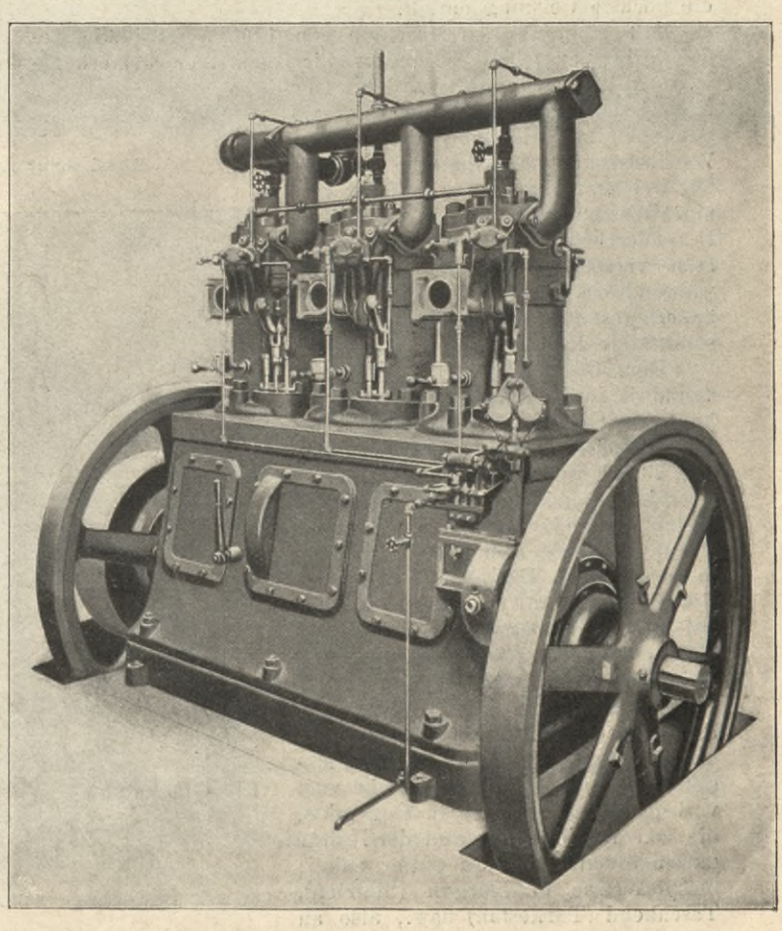


Fig. 20 und 21. Dreizylindriger Diesel-Motor amerikanischer Bauart.



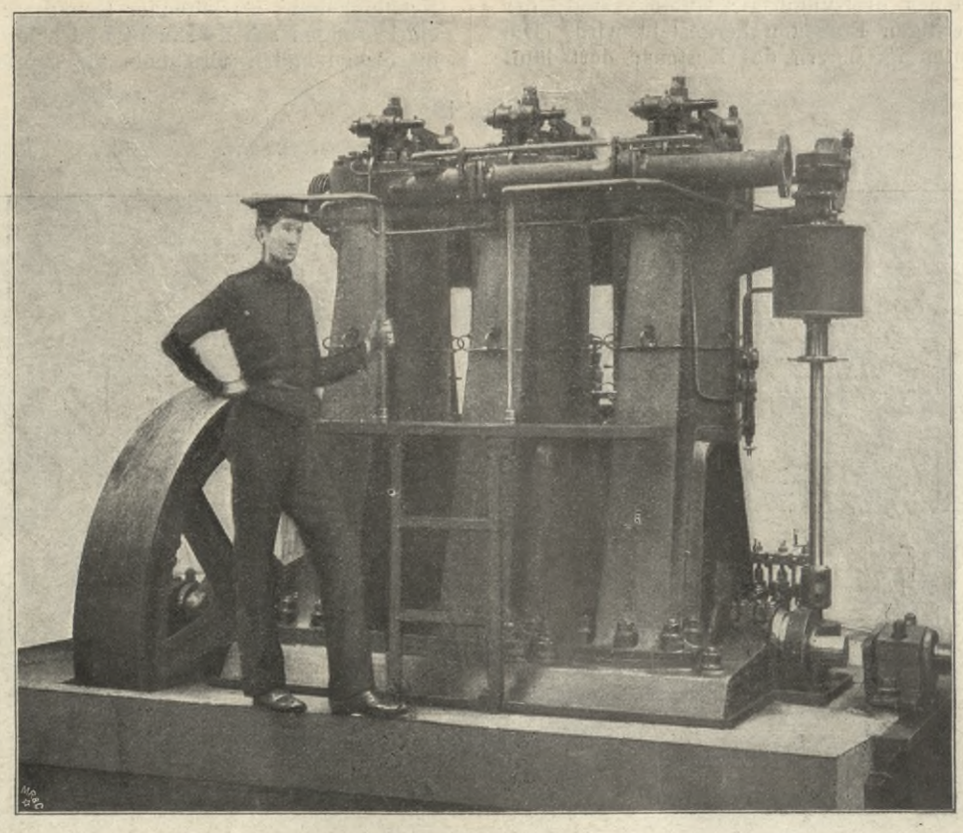


ne ist dem energischen, zielbewußten Vorgehen des Präsidenten der American Diesel Engine Co., Adolphus Busch, und ihres Chefingenieurs, E. D. Meier, zu verdanken.

Ein ganz anderes, ebenso lehrreiches Bild gewähren die schwedischen Maschinen. Fig. 22 zeigt einen 120pferdigen dreizylindrigen Motor. An dem daneben stehenden Manne erkennt man sofort die auffallend geringe Höhe dieser Maschine, die nur 2 m beträgt; dies ist durch besondre Entwicklung der kurzhübigen schnellaufenden Maschinen von etwa 250 Uml./min erreicht worden. Diese Maschine hat für die drei Zylinder nur eine gemeinsame Luftpumpe und Brennstoffpumpe; sie stammt von dem Direktor der Aktiebolaget Diesels Motorer in Stockholm, John Schmidt, und hat in bezug auf Leichtigkeit und Brennstoffverbrauch die höchste Leistung erzielt.

Fig. 22.

Diesel-Motor schwedischer Bauart.



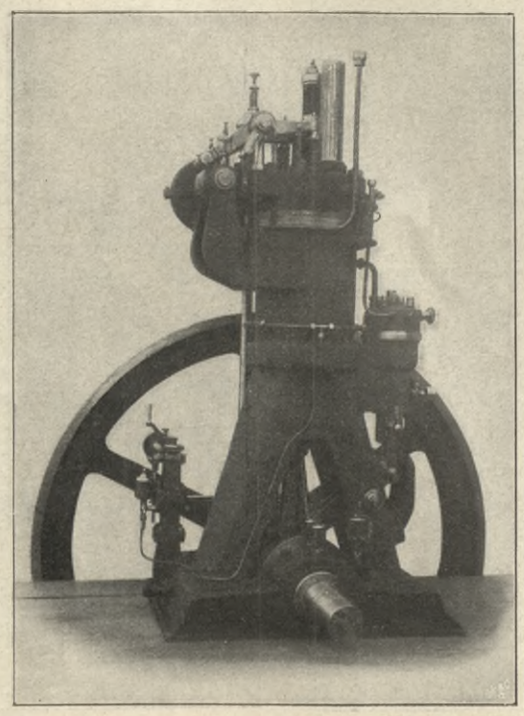
Mit einer solchen Maschine von 120 PS ist in Schweden eine neuartige, besonders für Elektriker bemerkenswerte Anlage ausgeführt worden. Der Motor ist mit einer Wechselstromdynamo gekuppelt und diese mit einer andern Wechselstromdynamo parallel geschaltet, welche 20 km davon entfernt von einer Wasserturbine angetrieben wird. Der Diesel-Motor ist mit einem Regulator versehen, der die Umlaufzahl während des Betriebes um 20 vH zu ändern gestattet; die Turbine hat keine selbsttätige Regelung.

Dem Chefingenieur der Maschinenfabrik Ludwig Nobel in St. Petersburg, Anton Carlsund, verdanken wir die russische Maschine, von der Fig. 23 ein Bild gibt. Aeußerlich ist sie sehr ähnlich der Augsburger Maschine, welche ihr als Grundlage diente; sie unterscheidet sich davon aber doch in wesentlichen Einzelheiten, namentlich der Ventile und des ganzen Deckels, auf die ohne besondre Zeichnungen nicht eingegangen werden kann. Die Hochdruck-Luftpumpe ist in die Maschine nicht aufgenommen worden; sie hat noch die alte Form, wie an den ersten Versuchsmaschinen. Diese Maschine ist in Rußland schon sehr weit verbreitet und arbeitet in Gegenden, die von den Mittelpunkten der Kultur tausende von Kilometern entfernt sind; beispielsweise in Kurgan (Sibirien), Taschkend (Turkestan) usw., also an Orten wo von Maschinen- oder Reparaturwerkstätten keine Rede ist. Sie hat sich aber ausnahmslos bewährt, und zwar für alle Brennstoffe, mit denen man sie gespeist hat; man kann sich vorstellen, daß es in dem Oellande Rußland deren viele und von verschiedenster Art gibt.

Eine bemerkenswerte Lösung stellt Fig. 24 dar. Diese Konstruktion stammt von dem verstorbenen Generaldirektor Oskar Epperlein von der Waffen- und Maschinenfabrik A.-G. in Budapest und dem Oberingenieur dieses Werkes, Franz Tobisch. Sie unterscheidet sich von allen andern Ausführungen dadurch, daß die wagerechte Steuerwelle, welche bei den andern Motoren in zwei Lagern am Zylinder läuft, vollständig fehlt. Die ganze Steuerung der Maschine vollzieht sich von der senkrechten Welle aus durch eine unterhalb des Regulators sichtbare Scheibe, auf der die nach einer zentralen Kegelfläche abgeschrägten Nocken auf drei konzentrischen Kreisen angeordnet sind. Die Petroleumpumpe liegt etwas tiefer wagerecht und wird von einem auf die gleiche Welle aufgekeilten kleinen Exzenter angetrieben.

Fig. 23.

Diesel-Motor russischer Bauart.



Endlich ist aus der gemeinsamen Arbeit der Ingenieure Frédéric Dyckhoff und Adrien Bochet die in Fig. 25 dargestellte höchst bemerkenswerte Maschine entstanden, die mit ihren Vorbildern gänzlich bricht und von ganz neuen Gesichtspunkten ausgeht. Diese Maschine wird in der Fabrik von Sautter, Harlé & Co. in Paris gebaut. Sie besteht aus einem einzigen Zylinder mit zwei gegenläufigen Kolben, welche die Verbrennungskammer zwischen sich einschließen. Die Schwungradwelle geht mitten durch die Verbrennungskammer, umgeben von einer gekühlten Hülse. Infolge dieser Anordnung ist die Maschine in bezug auf Massenwirkungen und auf innere Kräfte theoretisch beinahe vollkommen ausgeglichen und erlaubt die höchsten Geschwindigkeiten; sie arbeitet selbst für große Leistungen (200 PS) mit etwa 400 Uml./min. Der Motor ist für Schiffszwecke gebaut und kann liegend, stehend oder geneigt aufgestellt werden. Wegen seiner vorzüglichen Ausbalanzierung braucht er theoretisch kein Gestell und hängt in Wirklichkeit an den beiden Enden der Schwung-

radwelle in zwei ganz leichten Lagern, während die Reaktionsdrücke der Geradführungen durch Federpuffer, Patent Bochet, aufgenommen werden. Später soll die Konstruktion der Maschine näher beschrieben werden. Fig. 25 zeigt eine solche von 20 PS, am hinteren Ende eines Kanalbootes betriebsfähig eingebaut. Das schräg nach links oben gehende Rohr ist das Ausströmrohr; unter der Motorwelle in der Mitte ist eine Wasserumlaufpumpe sichtbar; rechts stehen zwei Mollerup-Pumpen für die Kolbenschmierung, die sich auf dem Bilde, da sie sich im Vordergrunde befinden, wichtiger darstellen als in Wirklichkeit. Die Luftgefäße für das Anlassen und Manövrieren sind oben am Schiffsdeck befestigt. Die Umsteuerung geschieht bei diesen kleinen Booten durch verstellbare Schrauben. Für die Bedienung der Maschine ist ein eigener Maschinist nicht erforderlich, da der Steuermann alles durch wenige Griffe vom Deck aus besorgt.

Fig. 26 gibt eine äußere Ansicht des Kanalbootes, auf dem diese Maschine eingebaut ist, und zwar ist das Boot, wie aus der Wasserbewegung ersichtlich, in voller Fahrt. Bei dieser Aufnahme war es sehr wenig belastet, wie das aus dem Wasser herausragende Steuerruder zeigt. Seit mehreren Monaten läuft das Boot auf dem Rhein-Marne-Kanal und hat sich bewährt. Die Abbildung ist deshalb interessant, weil sie das erste mit einem Diesel-Motor als Betriebsmaschine ausgerüstete Schiff veranschaulicht.

Ich habe mich hier auf einige Formen beschränken müssen, die sich bewährt und in die Praxis eingeführt haben; für den Konstrukteur ebenso wichtig und lehrreich wären allerdings auch solche, die sich nicht bewährt haben und deshalb aufgegeben werden mußten, darunter z. B. die Verbundanordnung mit zwei Hochdruckzylindern und einem mittleren Expansionszylinder, die Zweitaktanordnung mit Auswaschpumpe im Geradführungsbalken u. a. m. Wünschenswert wäre eine derartige Veröffentlichung, da man aus solchen groß angelegten Versuchen, auch wenn sie nicht zu neuen Formen führen, oder vielleicht gerade deshalb, immer bedeutende Lehren ziehen und vielen Aufwand an Zeit und Geld ersparen kann[1]).

Fig. 24. Diesel-Motor ungarischer Bauart.

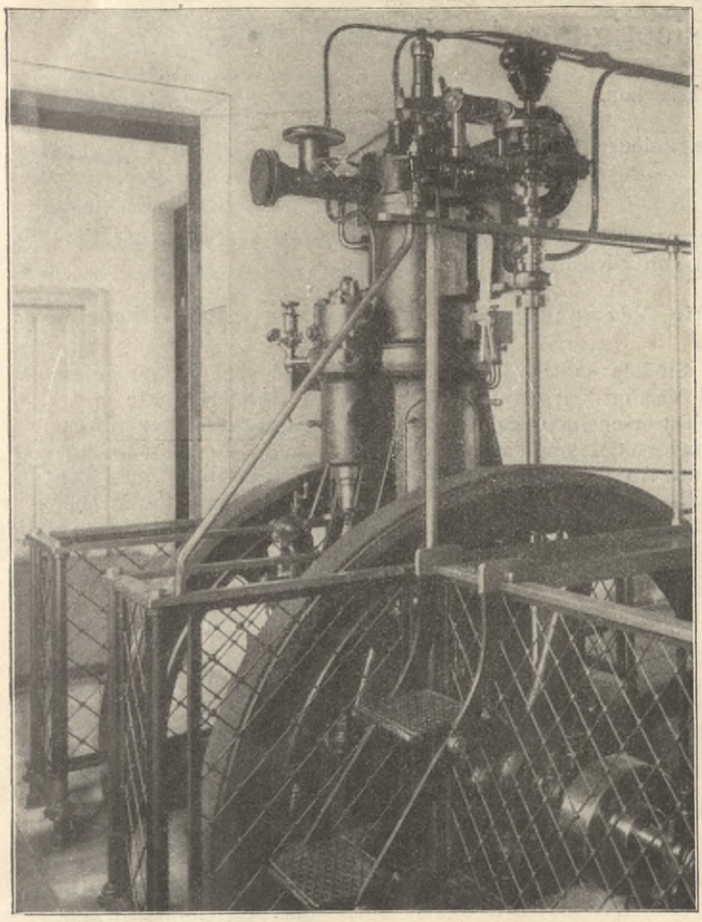


Fig. 25. Diesel-Motor von Sautter, Harlé & Co. als Schiffsmaschine.

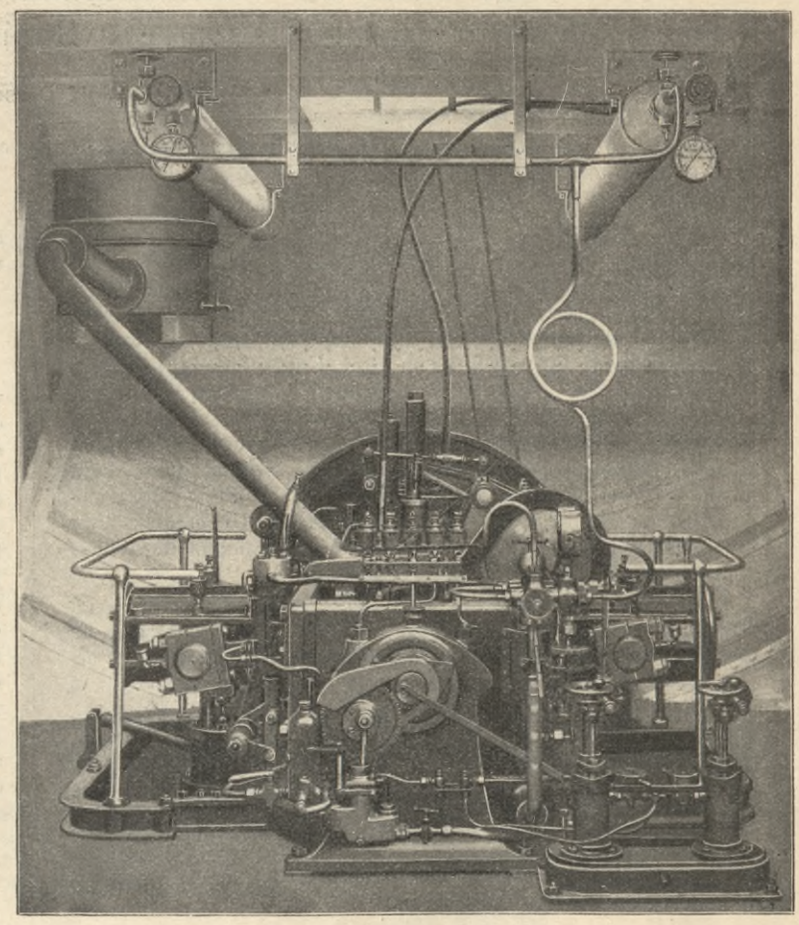
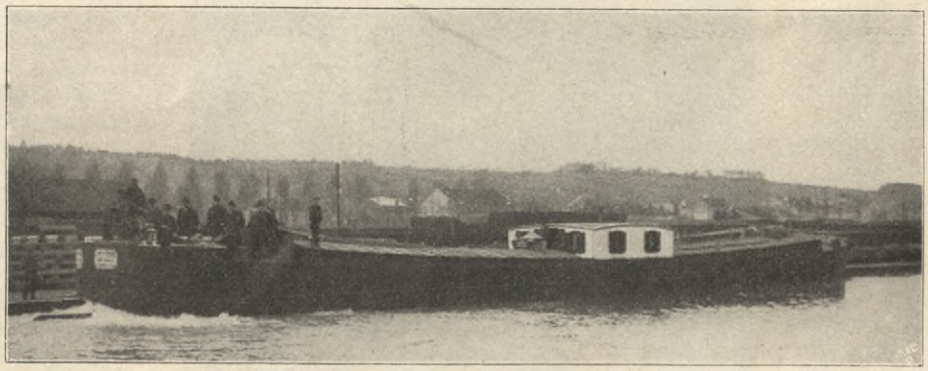


Fig. 26. Kanalboot mit Diesel-Motor.



[1]) Hr. Diesel beabsichtigt, angeregt durch diese und die Meyersche Veröffentlichung (Z. 1903 S. 513 u. f.), selbst demnächst einen Aufsatz über den Diesel-Motor zu veröffentlichen, welcher gleichsam eine Fortsetzung und Ergänzung zu vorstehendem Aufsatz bilden wird.
Die Redaktion.

Der heutige Stand der Wärmekraftmaschinen und die Frage der flüssigen Brennstoffe, unter besonderer Berücksichtigung des Diesel-Motors.

Von **Rudolf Diesel**, München.

(Zeitschrift des Vereines deutscher Ingenieure 1903 Nr. 38.)

Im Laufe dieses Jahres sind drei bedeutsame Veröffentlichungen in dieser Zeitschrift erschienen[1]), welche sich mit den Fortschritten auf dem Gebiete der Wärmekraftmaschinen beschäftigen; die erste stammt von Prof. Stodola und behandelt die Dampfturbinen und die Aussichten der Wärmekraftmaschinen; die zweite, von Prof. Eugen Meyer, berichtet über eingehende Versuche an Spiritusmotoren und Diesel-Motoren, die dritte, von Prof. M. Schröter, stellt die neuesten Konstruktionen und eine Anzahl interessanter Ausführungsformen dieser letzteren Maschinengattung dar. Nimmt man dazu noch frühere Aufsätze Eugen Meyers über die Kraftgasmotoren[2]), so hat man damit einen gesamten Ueberblick über den heutigen Stand der Wärmekraftmaschinen aus der Feder von dreien unsrer berufensten Fachleute.

Es möge mir gestattet sein, aus diesen getrennten Aufsätzen einige gemeinsame Punkte übersichtlich zusammenzustellen, mehrere darin nicht behandelte Fragen noch zu erörtern und die Konstruktionszeichnungen verschiedener Formen von Diesel-Motoren nachzutragen.

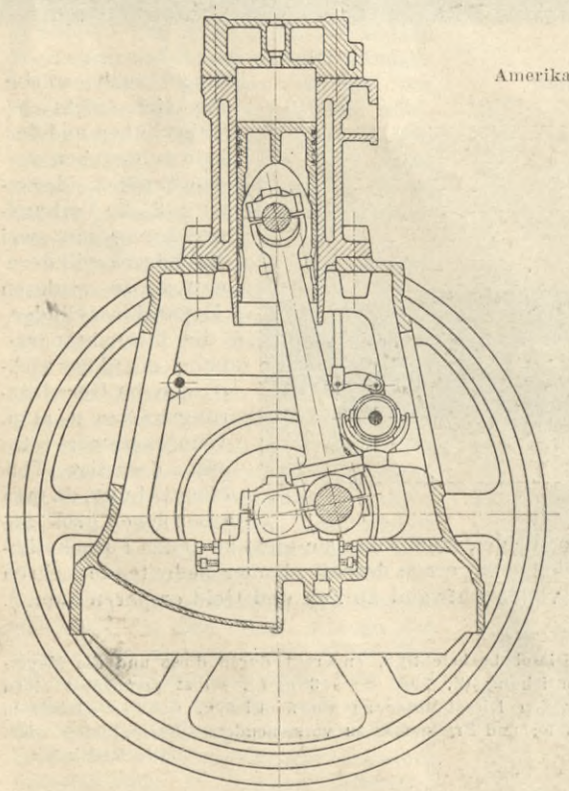
[1]) Stodola: Die Dampfturbinen und die Aussichten der Wärmekraftmaschinen, Z. 1903 S 1 u. f. E. Meyer: Versuche an Spiritusmotoren und am Diesel-Motor, Z. 1903 S. 513. M. Schröter: Neuere Leistungen der München-Augsburger Maschinenindustrie, Z. 1903 S. 989.

[2]) s. Z. 1901 S. 1297 u. f.

Die Wärmeausnutzung in den heutigen Wärmekraftmaschinen.

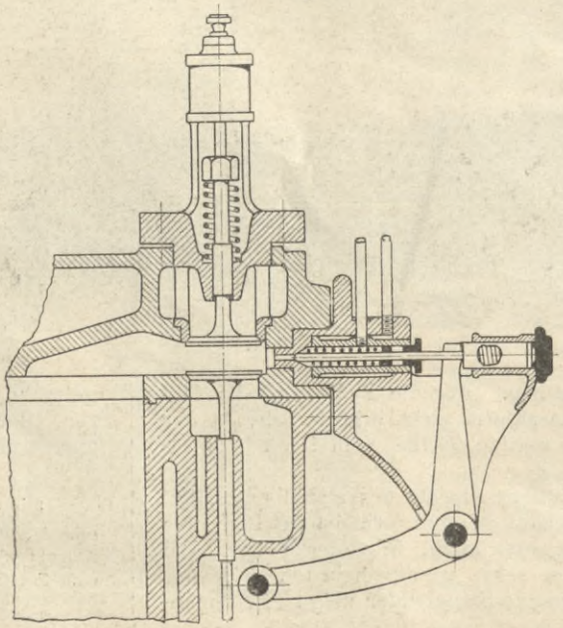
Stodola sagt: »Die Wissenschaft hat ihre Arbeit getan und verfügt zurzeit über keine neuen Gesichtspunkte.« In der Tat erscheinen nach den zum Teil heftigen theoretischen Auseinandersetzungen der letzten 5 bis 6 Jahre die wissenschaftlichen Anschauungen nunmehr so weit geklärt, daß die Praxis auf längere Zeit hinaus daran zu zehren hat und sich damit beschäftigt, die Ergebnisse der Wissenschaft bis in ihre letzten Folgerungen zu verwirklichen. Diese außerordentlich fruchtbare Arbeit zeigt ihre Wirkung in den sehr bedeutenden Fortschritten, welche sämtliche Wärmekraftmaschinen in den letzten Jahren gemacht haben und noch fortwährend machen, und zwar unsre alte Dampfmaschine durch Anwendung der Ueberhitzung sowie durch Ausbildung der Dampfturbine und der Abwärmekraftmaschine, der Gasmotor durch Ausbildung der Kraftgas-Generatoren und der Großgasmotoren, der Diesel-Motor und der Spiritusmotor durch Verwendung der flüssigen Brennstoffe und Erzielung bisher für unmöglich gehaltener Wärmeausnutzungen.

Fig. 1.



Amerikanische Bauart des Diesel-Motors.

Fig. 2.



Alle diese Formen von Wärmekraftmaschinen haben in den letzten fünf Jahren große Fortschritte aufzuweisen; Zahlentafel 1 gibt die von ihnen geleistete Wärmeausnutzung in übersichtlicher Zusammenstellung, und zwar für alle Maschinengattungen die neuesten und besten Ergebnisse, sämtlich den eingangs erwähnten Veröffentlichungen entnommen.

Alle Arten von Wärmekraftmaschinen haben in diesem Zeitraum prozentual ungefähr gleiche Fortschritte gemacht, etwa 30 vH; die letzte in der Zahlentafel angeführte Maschinengattung bleibt daher nach wie vor »in bezug auf thermische Ausnutzung an der Spitze der Wärmekraftmaschinen«, ja sie hat ihren Vorsprung noch wesentlich vergrößert. Einen größeren Sprung als alle andern, nämlich etwa

Zahlentafel 1. Ausnutzung der verschiedenen Wärmekraftmaschinen.

Maschinengattung	Wärmeverbrauch für 1 PS_e-st WE	wirkliche Wärmeausnutzung des Brennstoffes vH	Verhältniszahl der wirklichen Wärmeausnutzung des Rohbrennstoffes
3000 PS-Dampfmaschine mit dreifacher Expansion der Berliner Elektrizitätswerke mit 12,3 at Kesseldruck und 314° Ueberhitzung	4040	15,7	1
Kraftgasmotoren	3200	20	1,27
Spiritusmotor	1945	32,7	2,08
Dieselsche Wärmekraftmaschine	1780	35,7	2,27

raffinöles, welches er selbst bei seinen Versuchen verwendet hat, unbekannt war.

Zahlentafel 2 ist eine übersichtliche Zusammenstellung der Ergebnisse E. Meyers für alle in seiner Arbeit aufgeführten Motorarten; nur für den Diesel-Motor ist der Preis des Paraffinöles zugefügt, auf Grund dessen die Betriebskosten nach Maßgabe der Meyerschen Versuche ausgerechnet sind.

Den Motorenbesitzer interessiert eigentlich nur die Frage der Betriebskosten, also diejenige Zeile der Zahlentafel, welche durch fetten Druck hervorgehoben ist; sie zeigt, was auch Prof. Meyer hervorhebt, daß es bei Explosionsmotoren für die Betriebskosten gleichgültig ist, ob man Spiritus, Benzin oder Petroleum verwendet, daß aber für diese sämtlichen Motoren die Betriebskosten vier- und einhalbmal so hoch sind wie für den Diesel-Motor.

Es soll hier nicht unternommen werden, die sonstigen Betriebseigenschaften dieser verschiedenen Motorarten zu vergleichen oder zu kritisieren; hier sollen nur die Brennstoff-

Zahlentafel 2. Brennstoffverbrauch verschiedener Motoren.

Bezeichnung des Brennstoffes			Explosionsmotoren			Diesel-Motor
			Spiritus	Benzin	Petroleum	Paraffinöl Gasöl Rohöl
Preis von 1 kg		Pfg	20 bis 21	24	22	8,25 bis 10
Kosten von 1000 WE		Pfg	3.64 bis 3,84	2,33	2,14	0,8 bis 1,0
Verhältniszahl			4,15	2,59	2,38	1
günstigster bisher erreichter Verbrauch für 1 PS_e-st	bei voller Last	g	365	297 (Banki 221)	330	204
	bei halber Last	»	507	434	492	242 [1])
Zunahme des Brennstoffverbrauches von voller zu halber Last		vH	44	46	49	19
Kosten von 1 PS_e-st	bei voller Last	Pfg	7,3 bis 7,6	7,1	7,3	1,81
	bei halber Last	»	10,1 » 10,6	10,4	10,8	2,2
	Mittel	»	**8,7 » 9,1**	**8,7**	**9,0**	**2,0**
Verhältniszahl			**4,35 » 4.5**	**4,35**	**4,5**	**1**
günstigste bisher erreichte Wärmeausnutzung des Brennstoffes	bei voller Last	vH	32,7	20,5	17,6	32.6 [1])
	bei halber Last	»	22,7	14,0	11,8	27,4

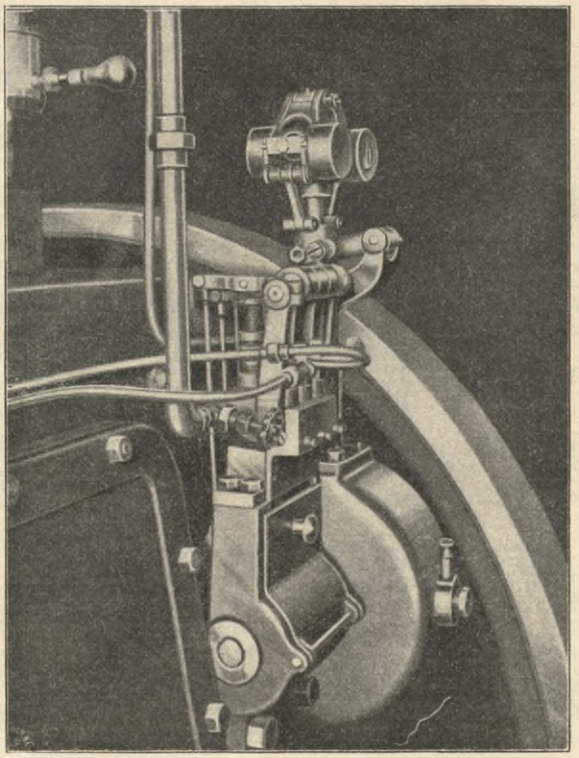
[1]) Zu bemerken ist, daß diese Zahlen seit den Versuchen wesentlich abgenommen haben, daß sie sogar höher sind als die laufenden Zusagen der ausführenden Fabriken; trotzdem sind sie hier beibehalten und den günstigsten überhaupt bisher erreichten Zahlen bei den andern Motoren gegenübergestellt, um für diese Zahlentafel nur eine einzige Quelle, eben den Meyerschen Aufsatz, zu verwenden, wodurch die Prüfung erleichtert wird. Die besten für Diesel-Motoren erreichten Verbrauchszahlen sind um 15 vH geringer, nämlich 173 g (die beste Wärmeausnutzung ist 35,7 vH); s. den Aufsatz von Prof. Schröter, Z. 1903 S. 994.

50 vH, hat in diesem Zeitraume der Explosionsmotor durch Anwendung wasserhaltiger Brennstoffe gemacht; der Banki-Motor durch wasserhaltiges Benzin und der Spiritusmotor durch wasserhaltigen Spiritus haben sich der Ausnutzung des Diesel-Motors stark genähert.

Der Spiritus als motorischer Brennstoff.

Diese Tatsache führt von selbst dazu, die Frage der Verwendung des Spiritus zu motorischen Zwecken zu besprechen, welche in den letzten Jahren überall mit großer Lebhaftigkeit und vielfach mit Voreingenommenheit behandelt worden ist; die erst in neuerer Zeit veröffentlichten genauen Versuche E. Meyers geben endlich das Material an die Hand, sie rein sachlich, auf Grund von Zahlen, vom Ingenieurstandpunkt aus zu behandeln. E. Meyer hat das in seiner eingangs erwähnten Arbeit schon getan, aber ohne dabei auf den Diesel-Motor näher einzugehen, vermutlich, weil ihm der Preis des für diesen Motor in Deutschland gebräuchlichen Pa-

Fig. 3. Brennstoffpumpe am amerikanischen Diesel-Motor.



kosten verglichen werden, weil sie auf Grund einwandfreier Versuche zahlenmäßig darstellbar sind, und weil neben dieser ausschlaggebenden Frage alle andern — gleichwertige Ausführung vorausgesetzt — tatsächlich in den Hintergrund treten.

Der Diesel-Motor verbrennt den Spiritus so gut wie jeden andern flüssigen Brennstoff, und zwar gerade wie die Explosionsmotoren entweder unter Vorwärmung der eingesaugten Luft oder unter Mischung des Spiritus mit geringen Mengen von Kohlenwasserstoffen, Benzol oder besser Petroleum. Daß es aber unter den genannten Verhältnissen keinen Sinn hat, den Diesel-Motor als Spiritusmotor zu verwenden, liegt auf der Hand.

Aus dieser zahlenmäßigen Untersuchung der Frage geht aber auch hervor, daß die auf die Verwendung des Spiritus zur Krafterzeugung gerichtete Bewegung künstlich, innerlich und sachlich unbegründet ist, und daß eine geradezu beispiellose Verwirrung in den Anschauungen über diese

Frage herrscht. Der Sachverhalt ist klar und einfach der: Die Betriebskosten bei Verwendung von Spiritus sind $4^1/_2$ mal so groß wie bei Verwendung der billigen Paraffin- und Rohöle, d. h., der Spiritus müßte 3,5 bis 4 Pfg für 1 ltr kosten, um die Billigkeit der Krafterzeugung mit andern Brennstoffen zu erreichen. Das liegt aber außer dem Bereich der Möglichkeit.

Selbst wenn Deutschland keine Erzeugnisse wie Paraffinöl und dergl. hätte, würde der Betrieb des Diesel-Motors mit verzolltem Lampenpetroleum immer noch nur halb so teuer sein wie der Betrieb eines Spiritusmotors; erst wenn der gegenwärtige deutsche Eingangszoll auf Petroleum auf den dreifachen Betrag erhöht würde, würden die Betriebskosten gleich hoch sein. Es ist klar, daß auch dieses Ziel unerreichbar ist. Diese Verhältnisse gelten noch dazu für Deutschland, wo die Eingangszölle auf ausländische Mineralöle die inländischen Erzeugnisse wesentlich teurer halten, als sie naturgemäß sein müßten, und wo der Spirituspreis außerdem künstlich so herabgesetzt ist, daß er kaum die Selbstkosten der Erzeuger deckt, ja ihnen Verluste bringt, die durch entsprechend teuren Verkauf des nicht zu Kraftzwecken dienenden Spiritus, also auf Kosten dritter, aufgewogen werden. In den meisten Ländern der Welt, von wenigen Ausnahmen abgesehen, beträgt aber der Preis der flüssigen Brennstoffe, entsprechend ihren niedrigen Gewinnungskosten, nur einen Bruchteil des deutschen Preises, durchschnittlich weniger als die Hälfte, in einigen Fällen nur den sechsten Teil; in diesen Ländern müßte also der Spiritus zu $^2/_3$ bis 2 Pfg für 1 ltr abgegeben werden, um mit den natürlichen flüssigen Brennstoffen für Kraftzwecke in Wettbewerb treten zu können!

Fig. 4 bis 6. Schwedische Bauart des Diesel-Motors.

Fig. 4.

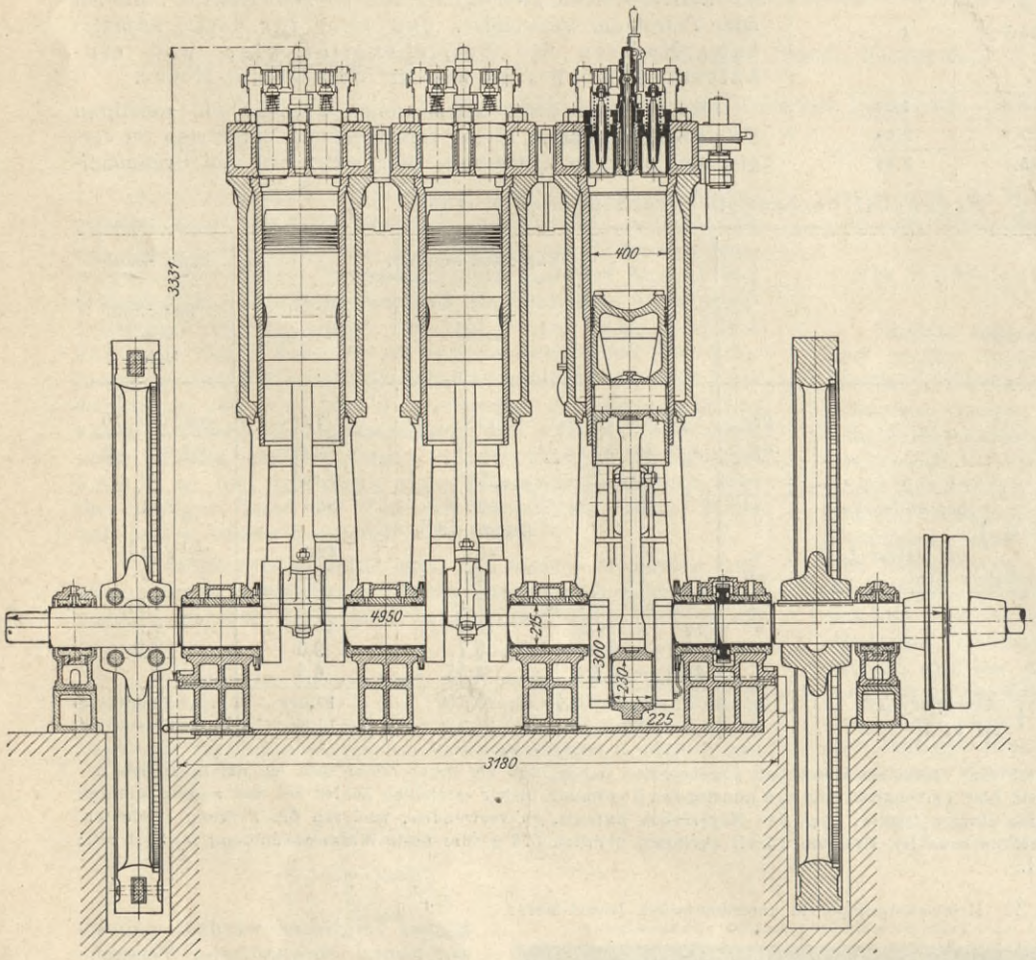


Fig. 5.

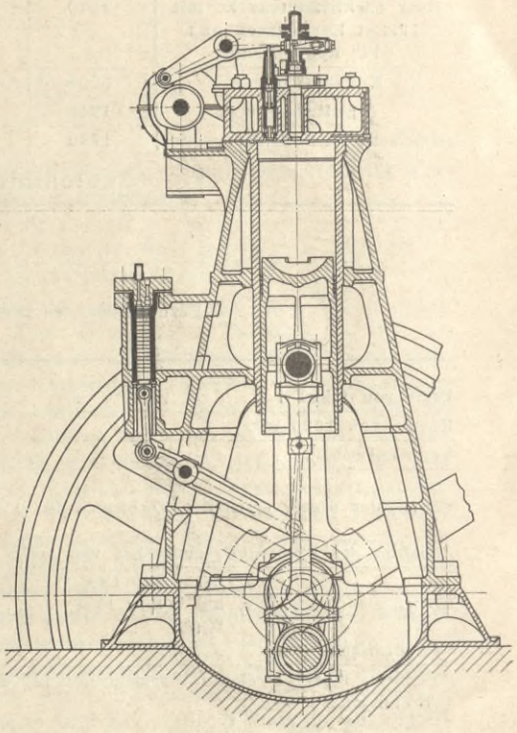
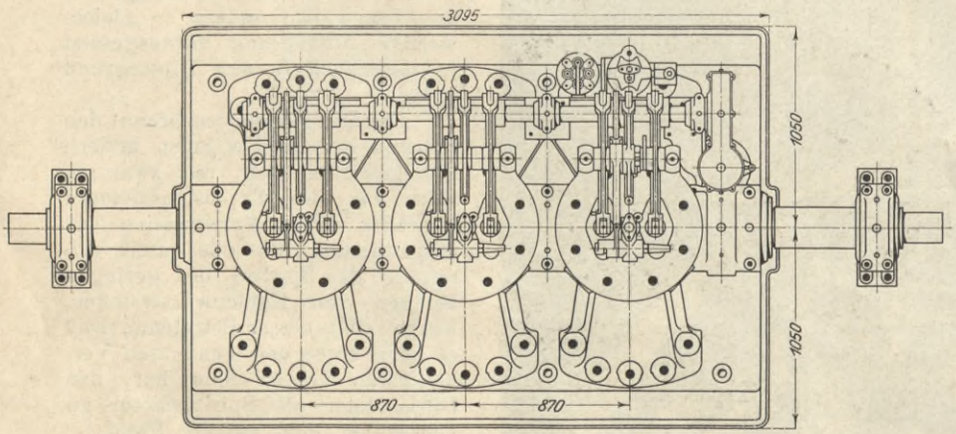


Fig. 6.

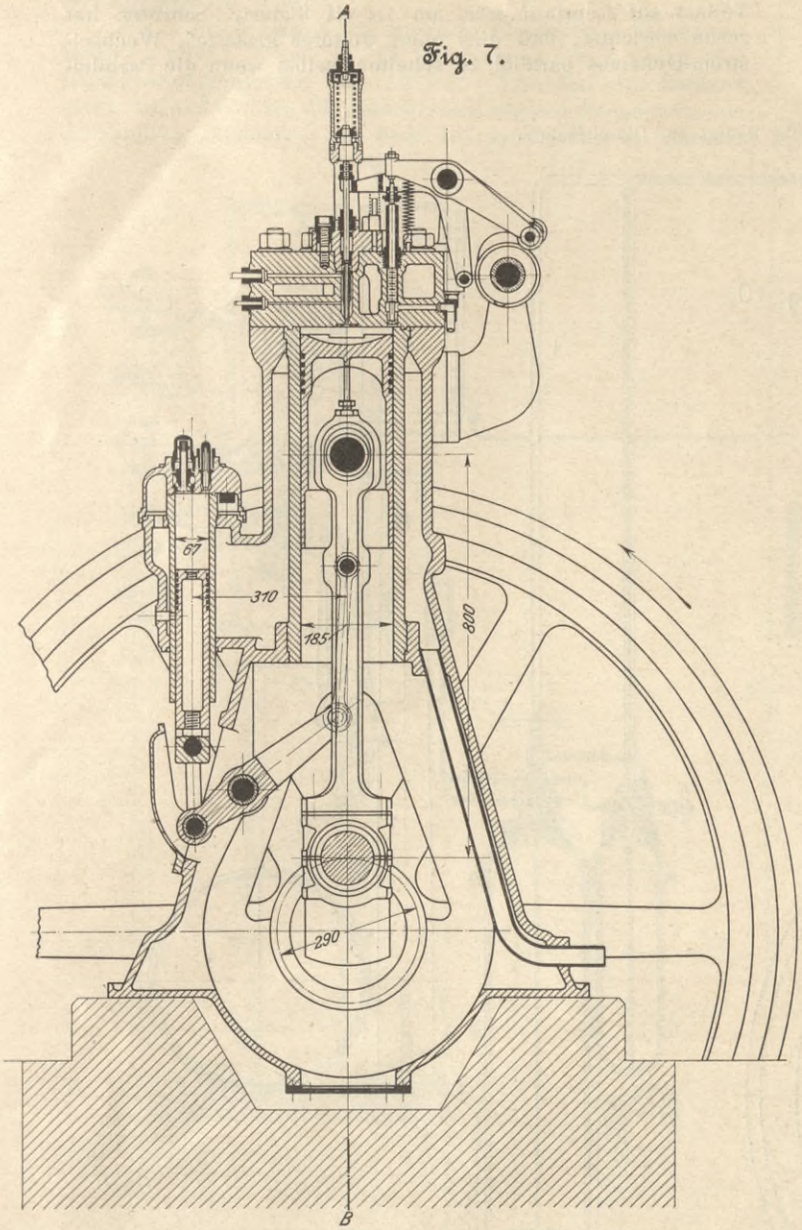


Verschiedene Bauarten von Diesel-Motoren.

Zu den in der bereits genannten Veröffentlichung von Prof. Schröter gegebenen photographischen Abbildungen verschiedener Formen von Diesel-Motoren seien hier noch Konstruktionszeichnungen nachgetragen.

Fig. 1, 2 und 3 zeigen die Einzelheiten der jetzt üblich gewordenen amerikanischen Bauart. Fig. 1 ist ein Schnitt durch die Zylinderachse normal zur Schwungradwelle; sie zeigt insbesondre die durch ein Stirnräderpaar angetriebene, im unteren Gestellkasten liegende wagerechte Steuerwelle und die Anordnung der Steuerhebel, welche durch lange Stangen mit den zu steuernden oben liegenden Ventilen verbunden sind. Letztere selbst sind in Fig. 2 sichtbar; nur das Auspuffventil und das Düsenventil sind gesteuert, das Einsaugeventil ist auch bei den größten Ausführungen selbsttätig. Der Brennstoff wird wagerecht eingespritzt, und zwar in eine seitlich am Zylinderdeckel angegossene Kompressions- oder Verbrennungskammer; der Kolben berührt im oberen Totpunkte nahezu den Zylinderdeckel. Endlich zeigt

Fig. 7 bis 9. Russische Bauart des Diesel-Motors.



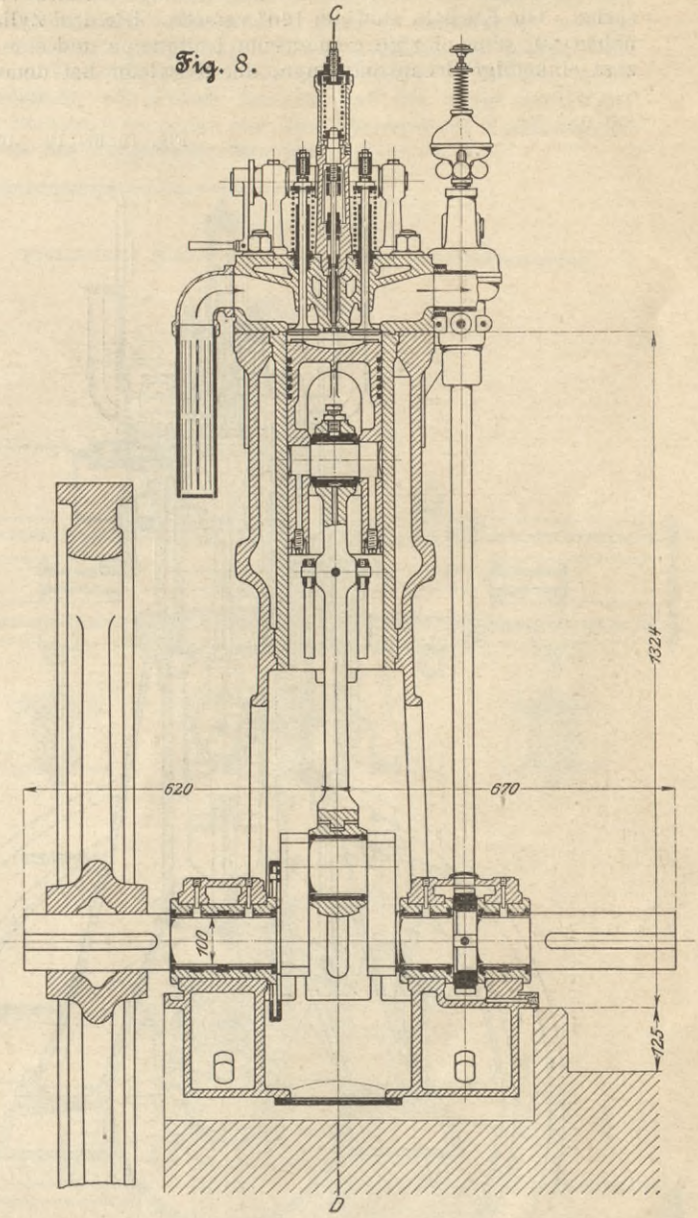
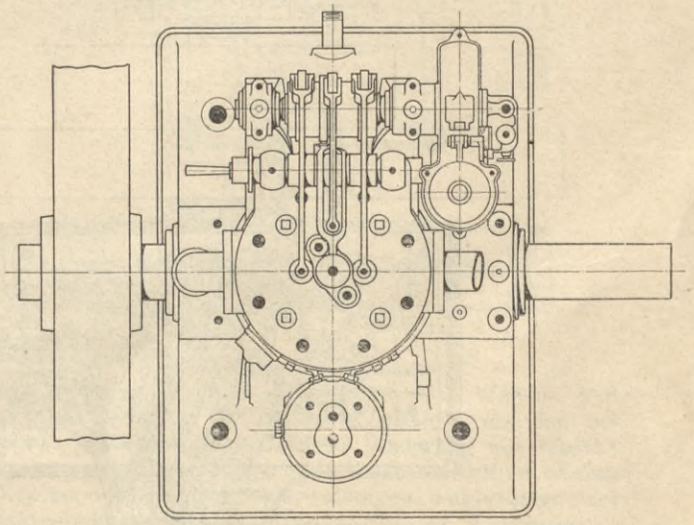


Fig. 3 die Brennstoffpumpe einer dreizylindrigen Maschine; sie besitzt selbst drei kleine Pumpzylinder, einen für jeden Kraftzylinder. Der Regulator steht in Verbindung mit drei Rücklaufventilen, welche er während des Druckhubes mehr oder weniger lange offenhält; erst wenn diese Ventile jeweils geschlossen sind, tritt der Brennstoff durch die eigentlichen Druckventile in die Düse über. Die Pumpe wird ebenfalls von der im Gestellkasten befindlichen wagerechten Steuerwelle angetrieben.

Die schwedische Bauart der Aktiebolaget Diesels Motorer in Stockholm[1]) ist durch Fig. 4, 5 und 6 dargestellt, welche eine 250pferdige mit zwei Dynamos gekuppelte Dreizylindermaschine zeigen. Infolge ihres kurzen Hubes ist diese Maschine sehr niedrig, infolge ihrer hohen Umlaufzahl sehr leicht. Fig. 5 zeigt die eigentümliche Ausbildung des A-förmigen Gestelles mit dem eingesetzten Zylinder. Der Luftpumpenkolben bewegt sich in entgegengesetzter Richtung wie der Hauptkolben; letzterer ist an der oberen Seite kugelförmig ausgehöhlt, wodurch die Verbrennungsluft noch mehr um den Einspritzmittelpunkt zusammengedrängt

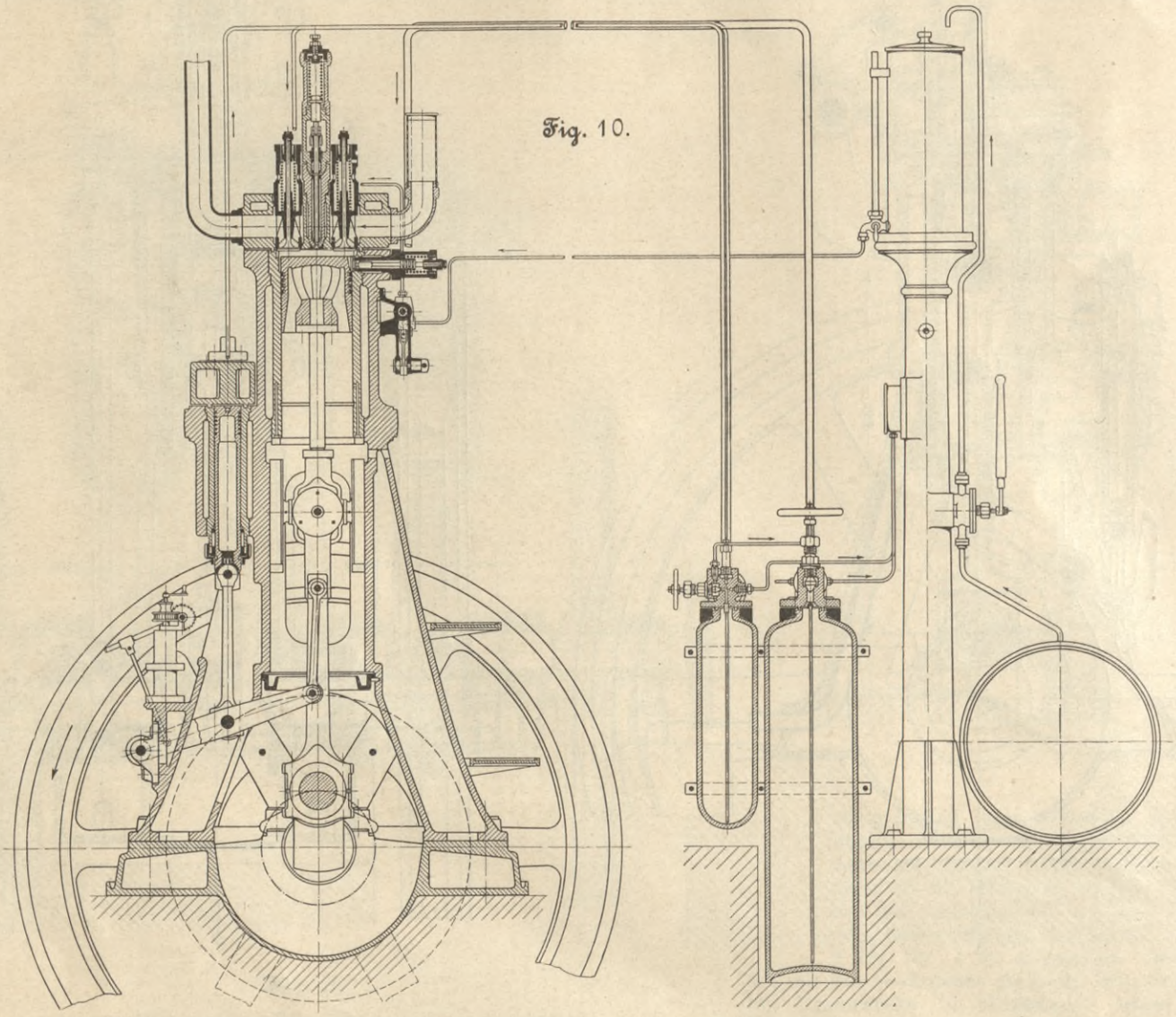
Fig. 9.

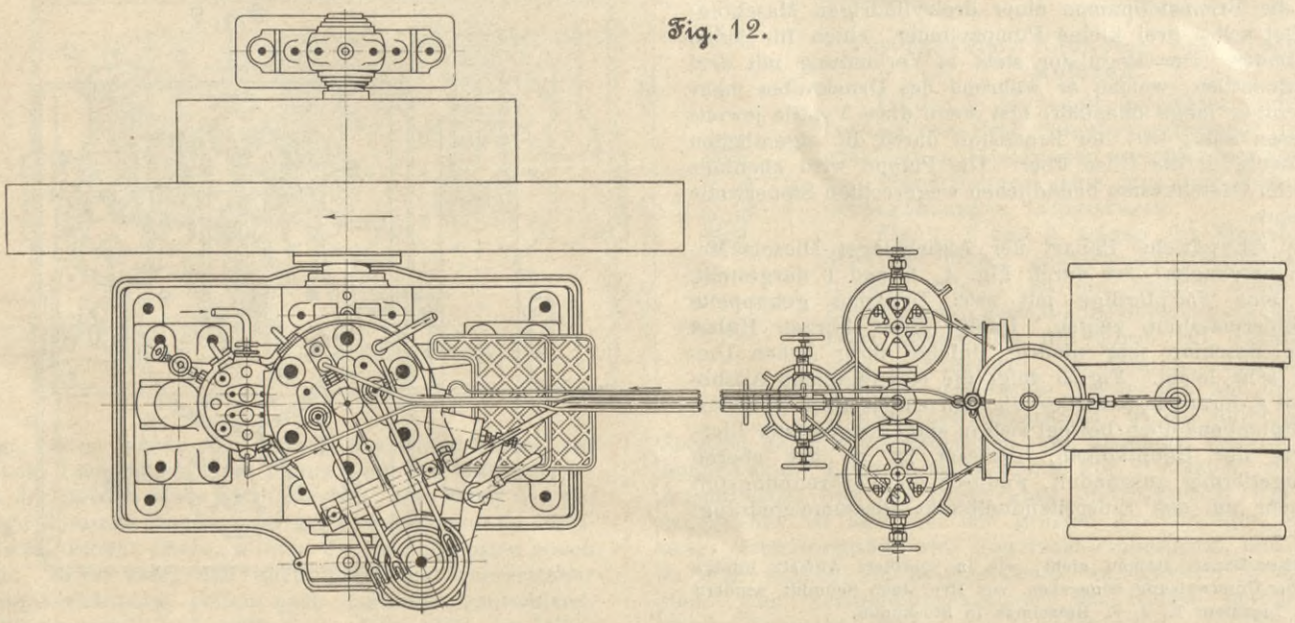


[1]) Diese Bauart stammt nicht, wie in Schröters Aufsatz infolge irrtümlicher Unterweisung angegeben, von Hrn. John Schmidt, sondern von Hrn. Ingenieur K. J. E. Hesselman in Stockholm.

wird als bei zylindrischer Verbrennungskammer. Der Brennstoff wird durch eine ebenfalls kugelförmige Brause eingespritzt. Die Kurbeln sind um 120° versetzt. Die drei Zylinder haben nur eine einzige gemeinsame Luftpumpe und eine einzige einkolbige Brennstoffpumpe; der Regulator hat demnach nur eine Pumpe zu regeln und wirkt dadurch so genau, daß sich die Geschwindigkeit bei plötzlicher Entlastung von Vollast auf Leerlauf nur um 1,4 vH ändert. Schröter hat schon berichtet, daß dies ohne weiteres gestattet, Wechselstrom-Dynamos parallel zu schalten, selbst wenn die Parallel-

Fig. 10 bis 12. Ungarische Bauart des Diesel-Motors.

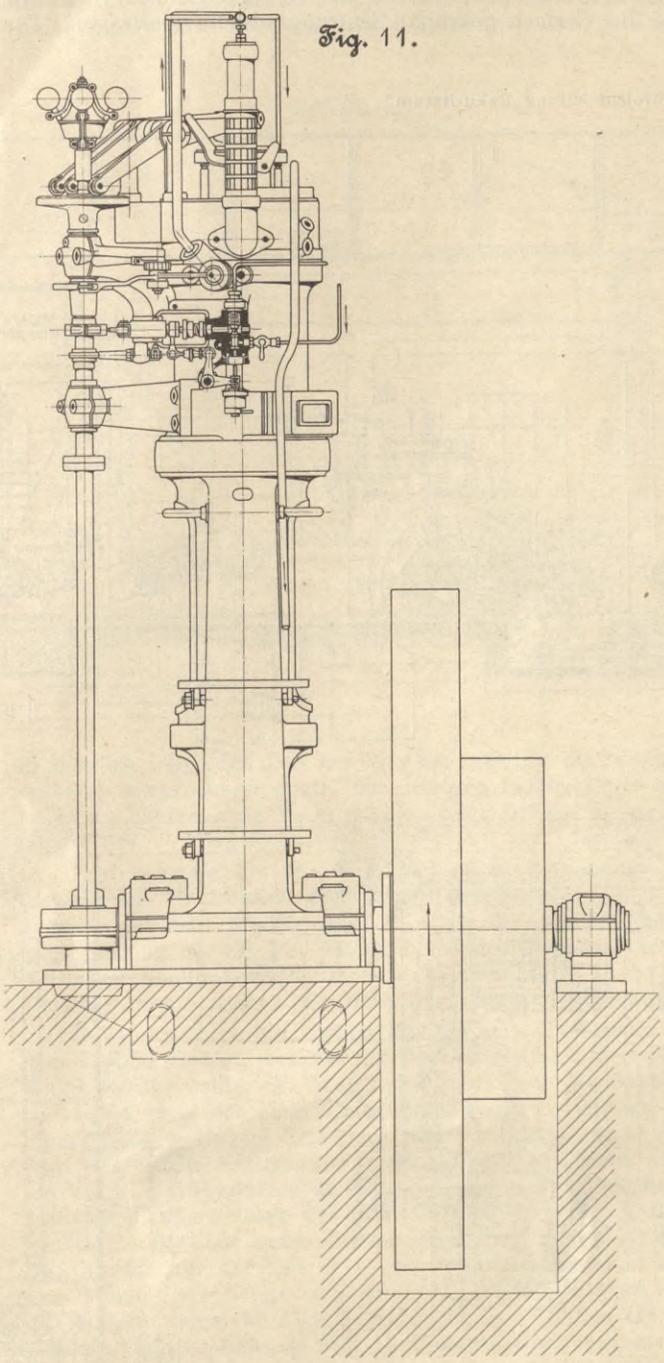




maschinen in großen Entfernungen durch Maschinen andrer Art angetrieben werden.

Fig. 7 bis 9 zeigen die russische Bauart der Maschinenfabrik Ludwig Nobel in St. Petersburg, und zwar der Kleingewerbemaschine von 10 PS. Trotzdem in Rußland mehr als anderwärts die verschiedenartigsten Brennstoffe zur Anwendung kommen, hat sich bei mehrjährigem Betriebe

Fig. 11.



keine innere Verunreinigung der Maschinen gezeigt, so daß man es wagen konnte, die Ventile ohne Gehäuse ohne weiteres in den Deckel einzusetzen. Die Figuren veranschaulichen hauptsächlich die dadurch eintretende sehr bedeutende Vereinfachung dieses wichtigsten Teiles der ganzen Maschine. Die Luftpumpe wird ebenfalls in der Weise angetrieben, daß die Kompressionsperioden in Arbeitszylinder und Luftpumpe nicht zusammenfallen; sie ist nach dem altbewährten einstufigen System konstruiert, wie ich es bei meinen allerersten Motoren angewandt habe, und wie es in Rußland heute noch vorgezogen wird.

Für größere Maschinen werden auch in Rußland die Ventile nicht unmittelbar im Deckel, sondern in laternenartigen, leicht herausnehmbaren Gehäusen angebracht; aber auch hier ist die einstufige Luftpumpe in gleicher Anordnung, wie sie Fig. 7 darstellt, verwendet. Beim Anlassen des Motors wird während der Anlaßperiode die Kompression im Arbeitszylinder aufgehoben; zu diesem Zwecke hat die Saugventilscheibe zwei Nocken, von denen der eine während der Kompressionsperiode das Saugventil offen hält.

Fig. 13 und 14.

Französische Bauart des Diesel-Motors als Schiffsmaschine.

Fig. 13.

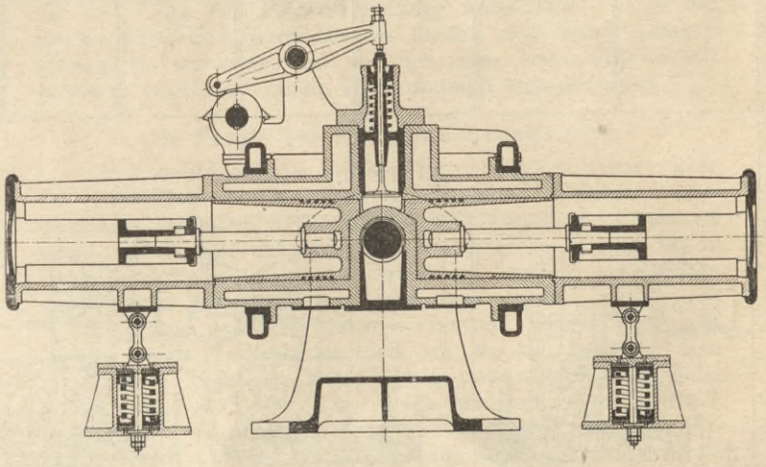


Fig. 14.

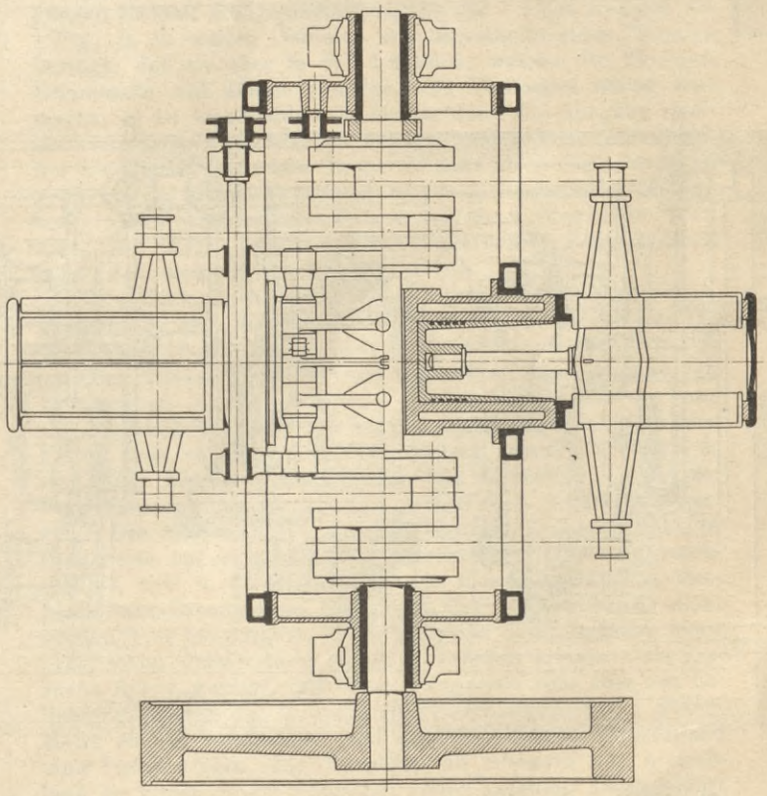


Fig. 10 bis 12 geben die Bauart der Waffen- und Maschinenfabriks-A.-G. in Budapest wieder, an der besonders die sehr vereinfachte äußere Steuerung mit Wegfall der oberen wagerechten Steuerwelle beachtenswert ist. Sämtliche Ventile werden von einer einzigen wagerechten auf der senkrechten Steuerwelle sitzenden Scheibe aus gesteuert, welche mit drei auf konzentrischen Kreisen angeordneten, nach Kegelflächen geformten Nocken versehen ist. Diese

Anordnung bedingt die schräge Stellung der Ventile, wie in Fig. 12 sichtbar ist. Die Anordnung der Petroleumpumpe, der Steuerscheibe und des Regulators übereinander auf der senkrechten Steuerwelle ist äußerst sinnreich und einfach.

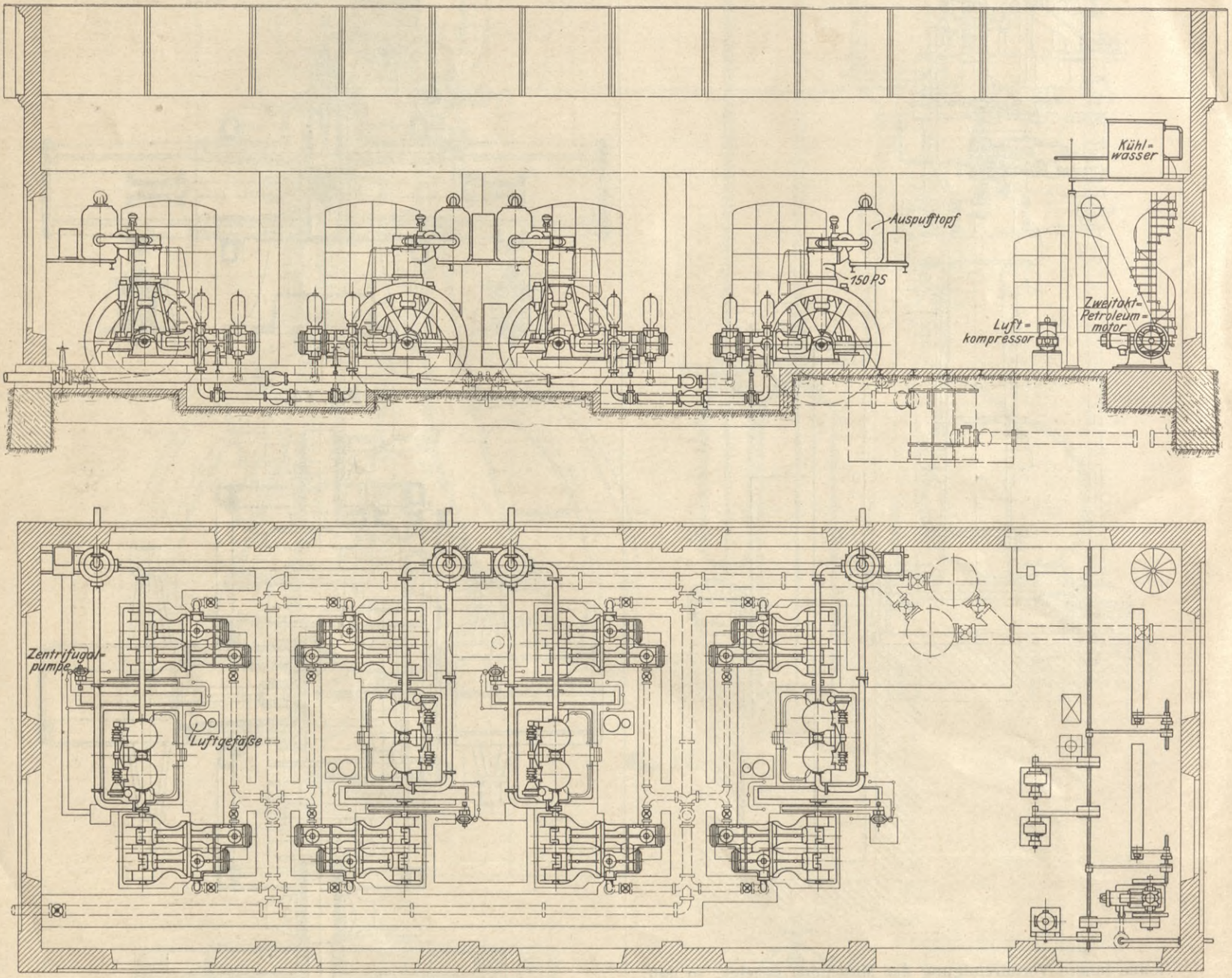
Endlich zeigen Fig. 13 und 14 die Anordnung der französischen ausbalanzierten Schiffsmaschine der Firma Sautter, Harlé & Cie. in Paris. Diese Figuren sind, obgleich konstruktiv, doch schematisch gehalten, was durch Weglassung aller derjenigen Einzelheiten möglich geworden ist, welche für die Hauptanordnung unwesentlich sind.

Fig. 13 gibt den Längsschnitt durch die Zylinderachse normal zur Schwungradwelle. Die beiden Kolben bewegen sich gegenläufig in einem einzigen Zylinder und umschließen in der inneren Totpunktlage so eng wie möglich die Kammer, welche tunnelartig die Schwungradwelle umgibt; letztere durchdringt den Zylinder genau in seiner Achse. Ueber dieser Kammer, im Zylinderinnern, befindet sich der Kompressionsraum, auf dessen Deckel sämtliche Ventile angeordnet sind; sie werden durch eine kleine Welle gesteuert, welche mittels eines Stirnräderpaares von der Schwungradwelle aus angetrieben wird.

An beiden Enden des Zylinders sind Geradführungen aufgeschraubt, in denen sich die an den Querhäuptern der Kolbenstange befestigten Gleitschuhe bewegen. Die Querhäupter sind, wie aus dem Grundriß, Fig. 14, ersichtlich, nach beiden Seiten über die Geradführungen hinaus verlängert und an den dort befindlichen Zapfen je mit zwei Pleuelstangen verbunden, welche die Bewegung nach rückwärts auf die vierfach gekröpfte Schwungradwelle übertragen. Die Kurbeln sind um 180° versetzt. Die ganze Maschine hängt frei beweglich in zwei leichten Außenlagern vermittels leichter Rahmen aus Stahlguß, deren Anordnung aus Fig. 14 ersichtlich ist.

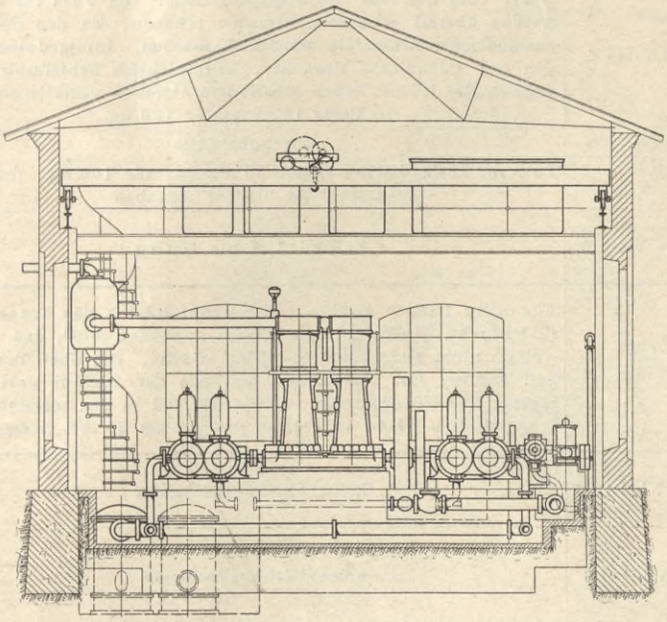
Der Zweck dieser Bauart ist eine theoretisch nahezu vollkommene Ausbalanzierung der Massenwirkungen und der inneren Kraftwirkungen, die sehr hohe Umlaufzahlen (400 und darüber) und leichte Maschinen ermöglicht; letzteres ist auch schon eine Folge der Abwesenheit des eigentlichen Gestelles und der Grundplatte. Nicht ausbalanziert sind lediglich die

Fig. 15 bis 17. Pumpstation der Petroleumleitung Baku-Batum.



Drücke auf die Geradführungen; diese werden aber durch die in Fig. 13 sichtbaren Federpuffer — Patent Bochet — aufgenommen.

Für Schiffszwecke hat diese Konstruktion verschiedene wesentliche Vorteile, u. a. den, daß die Maschine wagerecht, senkrecht oder schräg aufgestellt werden kann; daß das Schwungrad, durch den Mittelpunkt der Maschine gehend, keinen Raum beansprucht, der über den von der Maschine selbst geforderten hinausgeht; besonders aber, daß das Schiff durch die in der Maschine auftretenden Kräfte nicht längs seiner Achse, sondern quer dazu beansprucht wird, wodurch



es möglich wird, den Teil des Schiffes, welcher die Maschine enthält, entsprechend stark, den übrigen Schiffskörper aber leicht zu bauen, ohne Verbiegungen oder Brüche befürchten zu müssen.

Prof. Schröter hat in seinem Aufsatz die Zeichnung einer elektrischen Kraftstation mit Diesel-Motoren von 1600 bis 2000 PS gebracht; die Figuren 15 bis 17 zeigen ein Maschinenhaus für 600 bis 720 PS, das auch deshalb beachtenswert ist, weil darin Riedler-Expreßpumpen aufgestellt sind. Es ist dies eine der Pumpstationen der Petroleumleitung Baku-Batum.

Bekanntlich mußte bisher das gesamte Petroleum aus dem Bakuer Gebiet, welches auf dem Schwarzen Meere verschifft werden sollte, den Weg Baku-Batum mit der Bahn zurücklegen, was bei einer Entfernung von rd. 1000 km und einer nicht geringen Erhebung über das Meer nicht bloß eine wesentliche Verteuerung bedingte, sondern auch durch die Menge des Produktes die Bahn so sehr in Anspruch nahm, daß sich die Verwaltung bei dem stetig zunehmenden Verkehr genötigt sah, eine andre Transportgelegenheit zu schaffen. Daß hierfür nur der Bau einer Rohrleitung in Betracht kommen konnte, war längst erkannt, und sie wurde denn auch im vorigen Jahre in Angriff genommen. Für den aufsteigenden Teil der Leitung sind 13 Pumpstationen vorgesehen, die hintereinander geschaltet je die ganze Oelmenge zu fördern haben. Die Anlage ist für eine jährliche Leistung von 60 000 000 Pud oder rd. 1 Million Tonnen Petroleum berechnet. Die einzelnen Stationen werden für eine Leistung von 3 cbm/min gebaut, so daß bei voller Maschinenleistung eine Betriebszeit von rd. 6750 Stunden jährlich erforderlich ist.

Von den 13 Stationen, deren jede das Petroleum gegen einen Druck von 50 at zu fördern hat, werden vier mit Diesel-Motoren ausgerüstet; außerdem ist eine Vorstation in Baku mit 3 Motoren von je 100 PS_e bereits in der Aufstellung begriffen. Hier ist jeder Motor mit einer einfach wirkenden Pumpe für eine Leistung von 1,5 cbm/min auf 20,5 at Druck gekuppelt. Die Pumpen sind liegende, einfach wirkende Expreßpumpen von 160 Uml./min mit gesteuertem Saugventil nach Riedler, während das Druckventil aus einer Anzahl von kleinen Ventilen besteht.

Jede der 4 Hauptstationen enthält 4 Zwillingsmotoren von 150 bis 180 PS_e mit 160 Uml./min. Jeder Motor ist mit zwei unabhängig voneinander arbeitenden Riedlerschen Differentialpumpen neuester Bauart gekuppelt. Da die Anlagen sich in Gegenden befinden, wo die Beschaffung des Kühlwassers für die Motoren mit Schwierigkeiten verbunden ist, so hat man sich entschlossen, für das Wasser Rückkühlung anzuwenden, derart, daß das erwärmte Kühlwasser seine Wärme im Gegenstrom an das zu fördernde Petroleum abgibt. Die Menge des Petroleums ist im Vergleich zur Wärmeentnahme aus dem Kühlwasser so groß, daß man ohne Sorge diese einfache Art der Rückkühlung anwenden konnte. Um bei der Lage der Petroleumleitung unter Flur, wobei das warme Kühlwasser nach abwärts fließen muß, einen sicheren Umlauf zu erreichen, hat man an jeden Motor eine mittels Riemens betriebene kleine Umlaufpumpe angeschlossen.

Die Frage der flüssigen Brennstoffe.

Gleichzeitig mit der Fortentwicklung seines Baues wurde der Diesel-Motor im Laufe der letzten Jahre in langen Dauerbetrieben mit allen Arten flüssiger Brennstoffe praktisch erprobt. Ohne hier auf Einzelheiten einzugehen, gebe ich in Zahlentafel 3 die in den verschiedenen Ländern am meisten gebrauchten Brennstoffarten und ihre Preise, soweit sie in Erfahrung gebracht werden konnten. Unter Zugrundelegung eines Verbrauches von rd. 0,2 kg, welcher dem praktischen laufenden Betrieb mit veränderlicher Belastung entspricht, sind dann noch daneben die Brennstoffkosten für 1 PS_e-st angegeben. Da sich jede technische Errungenschaft am letzten Ende aus ihrer wirtschaftlichen Tragweite bewertet, so ist diese letzte Spalte gewiß von allgemeinem Interesse.

Aus dieser Zahlentafel geht hervor, daß fast auf dem ganzen Erdball die Brennstoffausgabe für 1 PS-st weniger als 1 Pfg, ja in weiten Gebieten nur Bruchteile eines Pfennigs beträgt, daß sie aber in den Ländern, welche die flüssigen Brennstoffe mit Zöllen belasten, ein Vielfaches davon ausmacht; so ist insbesondre für Deutschland die Ausgabe zwei- bis viermal so groß wie bei seinem mächtigsten Konkurrenten auf dem Weltmarkte: England, oder zwei- bis achtmal so groß wie bei seinen Nachbarn: Rußland, Oesterreich, Belgien usw. Daß Deutschland bei solchen Verhältnissen mit der Zeit leider wirtschaftlich zurückstehen muß, ist wohl selbstverständlich.

Die Zahlentafel enthält alle diejenigen teils künstlichen, größtenteils aber natürlichen Kohlenwasserstoffe, welche in praktischen Betrieben laufende Verwendung finden.

Der Diesel-Motor ist aber außerdem mit verschiedenen Brennstoffen erprobt worden, die zunächst für ihn nur wissenschaftliches Interesse haben, aber doch in besondern Fällen auch von praktischer Bedeutung werden können; es sind dies Spiritus, Arachidenöl und Glyzerin. Ueber die Verwertbarkeit des Spiritus ist schon oben gesprochen worden. Die Versuche mit Arachiden- oder Erdnußöl sind in Frankreich auf Anregung der französischen Regierung durchgeführt, weil in deren afrikanischen Kolonien beliebige Mengen dieses Erzeugnisses zu haben sind und die dort einen großen Teil des Landes überwuchernde Erdnußpflanze einer praktischen Verwendung zugeführt werden könnte. Die Versuche haben gezeigt, daß dieses Pflanzenöl rein oder mit beliebigen Mengen von Kohlenwasserstoffen gemischt im Diesel-Motor ebenso vollkommen und rauchlos verbrennt wie irgend eine Petroleumart. Die Versuche mit Glyzerin sind in Rußland an einem 20 PS-Motor bei voller Leistung durchgeführt worden, und haben gezeigt, daß auch dieses Erzeugnis, selbst bei 10 vH Wasserzusatz, brauchbar ist. Bis jetzt hat sich also noch kein flüssiger Brennstoff als unbrauchbar erwiesen, sofern er keine feste Verunreinigungen oder unbrennbare Bestandteile enthält.

Die Dieselsche Maschine hat bewiesen, wie Hr. Prof. von Lossow sagt[1]), daß sie für die flüssigen Brennstoffe

[1]) Z. 1903 S. 962.

Zahlentafel 3. Flüssige Brennstoffe und ihre Preise.

		in Diesel-Motoren meist gebrauchte flüssige Brennstoffe	Preis für 100 kg mindestens-höchstens je nach Entfernung vom Ort der Gewinnung ℳ	Brennstoffausgabe für 1 PSe-st im Diesel-Motor Pfg	Bemerkungen über Zölle, Verbrauchsabgaben u. dergl.
europäische Industrieländer mit keiner oder geringer eigener Erdölgewinnung, mit Zöllen auf die Einfuhr roher Erdöle	Deutschland	Paraffinöle oder Gasöle sowie geringe Mengen von Rohölen aus Elsaß, Hannover, Tegernsee	8,25 bis 10	1,5 bis 2	Zoll auf ausländische Erdöle: unter 0,830 spez. Gewicht 7,50 ℳ für 100 kg, über 0,830 spez. Gewicht 12 ℳ für 100 kg. Der höhere Satz trifft gerade die Abfallprodukte, welche als Heizstoffe am meisten in Frage kommen. Infolge dieser Zölle ist Deutschland auf inländische Produkte angewiesen.
	Frankreich	Schieferöl (huile de schistes) inländische Produkte	14 bis 20	2,5 bis 4	Außer dem Zoll auf ausländisches Rohöl von 9 frs für 100 kg werden überall städtische Abgaben erhoben, die den Gebrauch ausländischer Mineralöle unmöglich machen. Infolgedessen werden nur inländische Produkte, hauptsächlich Schieferöle, verwendet, die jedoch hohen städtischen Abgaben unterliegen, z. B. in Paris 19,80 frs für 100 kg.
	Italien	eingeführte Rohöle			sehr hohe Zölle
	Spanien	eingeführte Rohöle			Zoll auf ausländisches Rohöl 30 Pesetas für 100 kg, dazu beträchtliche örtliche Abgaben
	Schweiz Niederlande Portugal	eingeführte Rohöle	6,50 bis 8	1,2 bis 1,5	Zoll rd. 1 ℳ für 100 kg
europäische Industrieländer mit keiner oder geringer Erdölgewinnung, ohne Zölle auf die Einfuhr roher Erdöle	England	Texas-Rohöl, zum Teil Borneo-Rohöl russische Solaröle	3,75 3 bis 6	0,75 0,5 bis 1,2	Für diese Länder kommt heute hauptsächlich das Texas-Rohöl in Betracht, das in solchen Mengen gewonnen wird, daß sie bei weitem nicht aufgebraucht werden können. Die Shell Transport and Trading Co. beschäftigt sich mit der Ausfuhr mittels 40 eigener Tank-Seedampfer, welche das Oel in den meisten europäischen Häfen zu Preisen von 25 bis 35 ℳ/t liefern.
	Belgien	Texas-Rohöl	3 bis 6	0,5 bis 1,2	
	Dänemark Schweden	Texas-Rohöl	3,5 loko Kopenhagen 4 loko Stockholm	0,7 0,8	
Erdöl-Länder	Rußland	Rohnaphtha Masut	1 bis 6 (1,35 in Baku) (5,36 in Petersburg)	0,27 bis 1,00	keine Verbrauchsabgabe
	Oesterreich-Ungarn	galizische Rohöle	loko Grube 2,5 Lemberg 3,4 Budapest 5,5 Wien-Graz 6	0,5 bis 1,2	keine Verbrauchsabgabe
	Rumänien Balkanländer	rumänisches Rohöl	2,80 bis 3,60	0,5 bis 0,7	keine Verbrauchsabgabe
	Vereinigte Staaten	im Innern und Norden: fuel-oil (Abfallprodukte der Lampenöldestillation) im Süden: Texas crude oil, im Westen: California crude oil	Chicago 2,6 New York 6,6 etwa 2	0,5 bis 1,3 0,4	keine Verbrauchsabgabe
Kolonien und Ueberseeländer mit eigener Erdölgewinnung	Borneo Texas Californien Japan	Rohöl	ungemein niedrig, höchstens 2	höchstens 0,4	Die Quellen in Borneo, Texas, Californien sind unerschöpflich, die meisten übrigen in der Entwicklung begriffen. Es ist anzunehmen, daß innerhalb des nächsten Jahrzehntes ungeheure Rohölmengen in allen Erdteilen zur Verfügung stehen werden.
Kolonien und Ueberseeländer ohne eigene Erdölgewinnung, fast alle ohne Zölle	Egypten	Borneo-Rohöl	in den Häfen 3 bis 4 im Innern 8	0,6 bis 0,8 1,6	Für diese Länder kommt wieder die oben erwähnte Shell Co. in Betracht, welche je nach örtlicher Lage entweder Texas- oder California- oder Borneo Oel, stets in rohem Zustande, liefert, ebenfalls zu 30 bis 35 ℳ/t in irgend einem Hafen der Welt, also meist zu billigerem Preise für gleiches Gewicht als Kohle. Oestlich vom Suez-Kanal, für Süd- und Ostafrika, Asien und Australien kommt Borneo-Oel in Betracht; westlich davon, für Europa und die Ostküste von Amerika, Texas-Oel; die pazifische Küste wird durch californisches Rohöl versorgt.
	Kap-Kolonie	Borneo-Rohöl	5 bis 6	1 bis 1,2	
	Indien	Borneo-Rohöl	3 bis 6	0,6 bis 1,2	
	Australien	Borneo-Rohöl	3 bis 6	0,6 bis 1,2	

Zahlentafel 4. Gewicht- und Raumbeanspruchung der Brennstoffe für Wärmekraftmaschinen.

Maschinengattung	bei Heizung mit	durchschnittlicher Brennstoffverbrauch im praktischen Betrieb bei mittleren Verhältnissen für 1 PSe-st kg	1 cbm Brennstoff wiegt kg	für gleiche Leistung Verhältnis des Brennstoff- Gewichtes	Raumes
Dampfmaschinen	guter Kesselkohle von 7500 WE	1,0	750 bis 850	5 bis 6	6 bis 8
	mittlerer Kesselkohle von 6500 WE	1,2 [1]			
	Erdöl von 10000 WE	0,75	750 bis 950	3,5 bis 4	3,5 bis 4
Kraftgasmotoren	Anthrazit von 8000 WE	0,5	700 bis 760	2,5 bis 3	3 bis 3,5
	Koks von 6800 WE	0,6 [1]	350 bis 500		6 bis 8
Dieselsche Wärmekraftmaschinen	leichtere Erdölsorten	0,2	750 bis 850	1	1
	schwere Erdölsorten		850 bis 950		

[1]) mit Rücksicht auf Anheizen, Pausen, Stillstände, wechselnde Kraftleistung usw. für praktischen Durchschnittsbetrieb gewiß mäßig gegriffen.

das ist, was die Dampfmaschine und die Kraftgasmotoren für die festen Brennstoffe waren und sind, nur in viel einfacherer und wirtschaftlicherer Weise; daß sie die allgemeine und nach unsrer heutigen wissenschaftlichen Erkenntnis beste Lösung des Problems der Verwendung flüssiger Brennstoffe für motorische Zwecke ist; sie eröffnet daher der Technik neue Aussichten, indem sie den bisherigen Hülfsmitteln in der Krafterzeugung ein neues ebenbürtig an die Seite stellt

Die Technik ahnt noch kaum die Bedeutung, zu welcher die flüssigen Brennstoffe berufen sind. In kurzen Pausen folgen sich die Entdeckungen und Eröffnungen neuer Erdölgebiete; viele von ihnen sind so neu, daß man ihre Bedeutung noch nicht erforscht hat; die meisten liegen noch brach; verhältnismäßig wenige sind aufgeschlossen, aber diese wenigen sind schon gewaltig. Die Angaben hierüber sind noch zu unsicher und zerstreut, um sie wissenschaftlich zu verarbeiten; doch sind zu einem wenigstens annähernden Ueberblick auf der Weltkarte, Fig. 18, die wichtigsten bekannten Erdölgebiete eingetragen. Ein einziger Blick auf diese Karte genügt, um zu zeigen, daß es in allen Weltteilen Oel gibt; man möchte fast auf den Gedanken kommen, daß Erdöl verbreiteter ist als Kohle, und diese Ansicht wird heute schon vielfach vertreten. Das Bewußtsein, daß diese für motorische Zwecke heute noch nahezu unverwendeten Naturschätze in so zweckmäßiger und einfacher Weise als Kraftquellen ausgenutzt werden können, und daß sie in allen Weltteilen zur Verfügung stehen, fängt erst an, aufzudämmern.

Die Tragweite der Verwendung flüssiger Brennstoffe zur Krafterzeugung ist noch nicht allgemein erkannt; daher mögen hier kurz einige Hinweise darauf noch Platz finden.

Ausschlaggebend ist die Gewicht- und Raumbeanspruchung. Aus Zahlentafel 4 geht hervor, daß bei praktischen Betrieben mit mittleren Verhältnissen Dampfmaschinen mit Kesselkohle 5- bis 6 mal soviel Gewicht und 7- bis 8 mal soviel Raum beanspruchen wie der Diesel-Motor mit flüssigen Brennstoffen. Diese Tatsache allein zeigt, daß den flüssigen Brennstoffen für alle Transportzwecke zu Wasser und zu Lande die Zukunft gehört, ja, daß das Verkehrswesen die einschneidendsten Fortschritte erst dann machen wird, wenn man sich in vollem Maße zur Verwendung flüssiger Brennstoffe bekennt; erst dann wird die Schiffstechnik zur vollen Entfaltung ihrer Kräfte kommen. Diese Erkenntnis bricht sich heute auch Bahn; in verschiedenen Ländern sind Schiffs-Dieselmotoren in Ausführung, teils für Kanal- und Fluß-, teils für Seeschiffe, unter andern auch für mehrere Unterseeboote der französischen Marine. Es ist jedoch verfrüht, darüber zu berichten, weil noch keine Versuchsergebnisse und Betriebserfahrungen vorliegen.

Fig. 18. Weltkarte der Erdölgebiete.

Ein Elektrizitätswerk mit Diesel-Motoren.

Von C. Boccali, München.

(Zeitschrift des Bayerischen Revisions-Vereines für Kraft-, Heiz- und Lichtanlagen 1903 Nr. 16.)

Das von der Elektrizitätsgesellschaft vorm. Erwin Bubeck in München errichtete Elektrizitätswerk des oberbayerischen Städtchens Aichach bietet dadurch ein besondres Interesse, daß es das erste in Deutschland ist, welches mit Diesel-Motoren betrieben wird.

Wir haben seinerzeit die Projekte für die Errichtung dieser Zentrale geprüft und begutachtet, dann den Bau derselben überwacht und zum Schlusse vor kurzem die Abnahmeversuche durchgeführt. Von den Ergebnissen der letzteren wollen wir hier nur das anführen, was auf den motorischen Teil, also auf die Diesel-Motoren Bezug hat.

Dieselben, zwei an der Zahl, sind von der Vereinigten Maschinenfabrik Augsburg und Maschinenbaugesellschaft Nürnberg A.-G., Werk Augsburg, gebaut und abwechselnd seit Mitte Dezember v. J. in Betrieb. Sie sind einzylindrig; ihre normale Leistung beträgt bei 160 Uml./min je 80, die Höchstleistung je 96 PS. Jede derselben treibt mittels Riemenübertragung eine Dynamo von 600 Umdr., welche im Verein mit einer Akkumulatoren-Batterie ein Leitungsnetz im Dreileitersystem speist.

Die Abnahme erstreckte sich zunächst und hauptsächlich auf einen Dauerprobebetrieb von 12 Stunden mit einem der beiden Motoren, wobei dieser $11^1/_2$ Stunden mit normaler Belastung arbeitete und in der letzten halben Stunde um $^1/_5$ der Normalleistung überlastet war; diese Probe verlief ohne die geringste Störung.

Bezüglich des Brennstoffverbrauches garantierte die Maschinenfabrik, daß derselbe bei Verwendung eines Oeles von mindestens 10000 Kal. Heizwert für die Nutz-PS und Stunde nicht mehr betragen werde als

0,220 kg	bei der Normalbelastung von = ...	80 PS
0,240 »	» $^2/_3$ dieser Belastung = ...	54 »
0,270 »	» $^1/_2$ Belastung = ...	40 »

Der während unsrer Versuche ermittelte wirkliche Verbrauch des einen Motors war

0,2127 kg	bei einer Belastung von	75,5 PS
0,2227 »	» » » »	57,1 »
0,248 »	» » » »	39 »

Die Belastung wurde hierbei an der Dynamo gemessen, deren Wirkungsgrad vorher bestimmt worden war. Als Brennstoff diente ein deutsches Braunkohlendestillat, nämlich »Paraffinöl« vom »Verkaufs-Syndikat für Paraffinöle «in Halle a/S. Sein Heizwert betrug nach der in unserem chemischen Laboratorium vorgenommenen kalorimetrischen Bestimmung 9910 Kal. für das kg, also 90 Kal. oder nahezu 1 vH weniger als der Brennstoffverbrauch-Garantie der Maschinenfabrik zugrunde gelegt war. Der Preis des Oeles ist zurzeit 9,33 ℳ für 100 kg frei Aichach. Hiernach berechnen sich die tatsächlichen Brennstoffkosten der PS-st für die Normalbelastung zu $0{,}2127 \times 9{,}33 = 1{,}98$ oder rd. 2 Pfg.

Aus obigen Zahlen ist im Zusammenhalte mit dem geringeren Heizwerte des Oeles zu ersehen, daß der Verbrauch

Fig. 136.

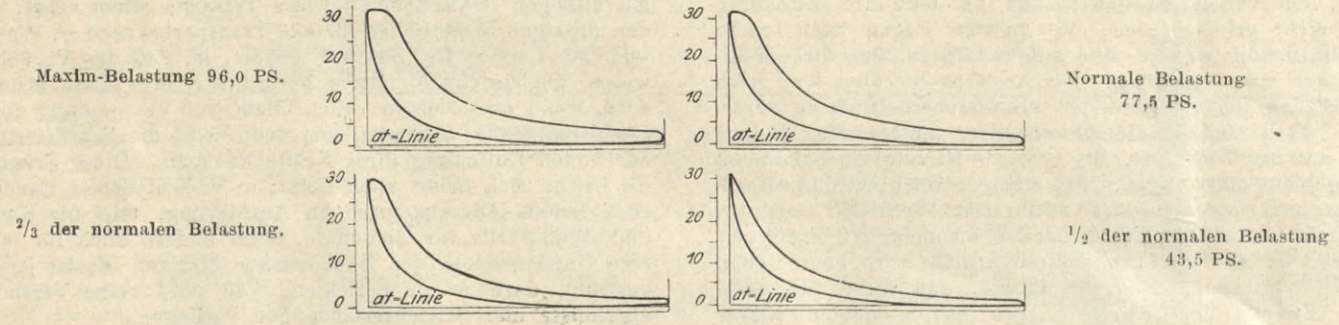
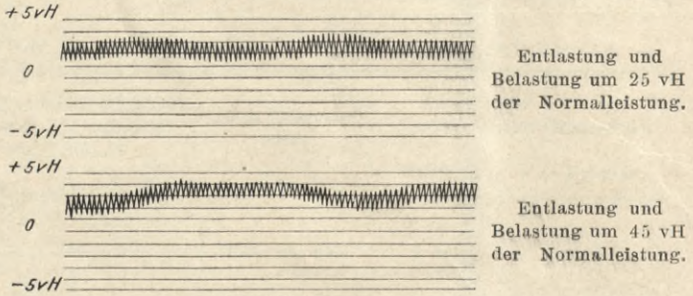


Fig. 137.



an Brennstoff in Wirklichkeit sogar geringer ist, als von der Fabrik garantiert wurde, und zwar bei jeder Belastung. Es kann somit für Diesel-Motoren, welche sich in gutem Erhaltungszustande befinden, ohne Bedenken mit den Angaben der Augsburger Fabrik gerechnet werden; ein Zuschlag für Anheizen oder dergl. wie bei andern Wärmekraftmaschinen kommt hier nicht in Betracht, auch ist der Brennstoffverbrauch nicht von der Geschicklichkeit eines Heizers abhängig.

Die Figur 136 zeigt Indikatordiagramme, die während der erwähnten Versuche bei den verschiedenen Belastungen abgenommen wurden.

Die selbsttätige Regulierung des untersuchten Motors erwies sich als vorzüglich, indem die Umdrehungsschwankungen bei plötzlichen Entlastungen und Belastungen bis zu 45 vH der Normallast 1 vH nicht überschritten. Die Figur 137 gibt die entsprechenden hierbei aufgenommenen Tachographdiagramme wieder. Hierzu ist zu bemerken, daß die Schwungräder der Motoren entsprechend der Bestimmung letzterer schwerer als für Normalausführungen hergestellt waren (8675 kg bei 3,4 m Dmr.) und daß der von der Maschinenfabrik garantierte Ungleichförmigkeitsgrad der Motoren $^1/_{60}$ beträgt.

Da im Lieferungsvertrage vorgeschrieben ist, daß der Ungleichförmigkeitsgrad der Motoren sich im Lichte nicht bemerkbar machen dürfe, haben wir auch hierüber einen Versuch angestellt.

Es wurde, ohne daß die Stromabnehmer irgend eine Vermutung über eine abgeänderte Betriebsweise hatten, in den Abendstunden die Akkumulatorenbatterie vom Leitungsnetz ganz ausgeschaltet, so daß die Lampen von der Dynamo allein und direkt gespeist wurden. Der Ausgleich in der Belastung der beiden Netzhälften wurde durch einen entsprechenden künstlichen Glühlampenwiderstand ermöglicht. Wir wollten in diesem Falle mehr Gewicht auf das Urteil des unbefangenen Publikums als auf unser eignes legen. Die Umschaltung bezw. das Ausschalten der Batterie sollte in der Zentrale nicht an einem bestimmten Zeitpunkte ausgeführt werden, sondern in irgend einem Augenblick, in welchem sich eben die Verteilung im Netz hierfür am günstigsten zeigte. Wir warteten entfernt von der Zentrale, das Licht beobachtend, auf diesen Augenblick, und als wir, da uns die Zeit zu lang erschien, in der Zentrale anfrugen, warum die Ausschaltung der Akkumulatoren nicht vorgenommen würde, erhielten wir zu unsrer Ueberraschung die Mitteilung, daß das bereits seit einer halben Stunde der Fall sei. Der Betrieb wurde in dieser Weise einige Stunden weitergeführt; auf unsre sofort bei einer Reihe von Lichtabnehmern betätigte Umfrage, ob sie etwas Außergewöhnliches am Licht wahrgenommen hätten, erfolgte stets eine verneinende Antwort.

Damit ist bewiesen, daß derartige Diesel-Motoren als Antriebskraft für elektrische Zentralen ohne Zuhülfenahme einer Akkumulatorenbatterie dienen können, da ein schädlicher Einfluß auf die Gleichmäßigkeit des Lichtes sich nicht fühlbar macht.

Zu den Vorzügen geringer Betriebskosten und guter Regulierung kommt noch derjenige steter und rascher Betriebsbereitschaft, sowie infolge letzterer Eigenschaft derjenige besondrer Geeignetheit für unterbrochenen Betrieb. Ein Diesel-Motor kann mit Hülfe seines stets unter genügendem Druck stehenden Luftbehälters jederzeit in weniger als einer Minute in Betrieb gesetzt und voll belastet werden. Infolgedessen könnte man wohl in manchen Fällen elektrischer Gleichstromzentralen die bisher für notwendig gehaltenen Akkumulatoren ganz entbehren.

Alles in allem genommen sowie unter Berücksichtigung der anderwärts mit neueren Diesel-Motoren gemachten Betriebserfahrungen läßt sich wohl sagen, daß diese Motoren sich für kleinere und mittlere Elektrizitätswerke gut eignen.

Bo.