

# Diesels rationeller Wärmemotor

Autor(en): **Diesel, Rudolf**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizerische Bauzeitung**

Band (Jahr): **29/30 (1897)**

Heft 12

PDF erstellt am: **23.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-82503>

## **Nutzungsbedingungen**

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

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

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

## **Haftungsausschluss**

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

INHALT: Diesels rationeller Wärmemotor. II. — Neues Post- und Telegraphen-Gebäude in Neuchâtel. II. — Der IV. internationale Architekten-Kongress in Brüssel am 28. August bis 2. September 1897. (Schluss.) — Miscellanea: Die erste Wanderversammlung des internationalen Verbandes für die Materialprüfungen der Technik in Stockholm. Die 25. Jahresversammlung des schweizer. Vereins von Gas- und Wasserfachmännern. Eisenbahnbauten in China. — Konkurrenzen: Bau eines Pavillons

der Stadt Wien zur Jubiläumsausstellung, Wien 1898. Kaufmännisches Vereinshaus, verbunden mit grösserem Saalbau in Chemnitz. — Preisausschreiben: Ein Plakat für Reklamezwecke der Kurstadt Baden bei Wien. — Vereinsnachrichten: Schweizerischer Ingenieur- und Architekten-Verein.

Hiezu eine Tafel: Neues Post- und Telegraphen-Gebäude in Neuchâtel.

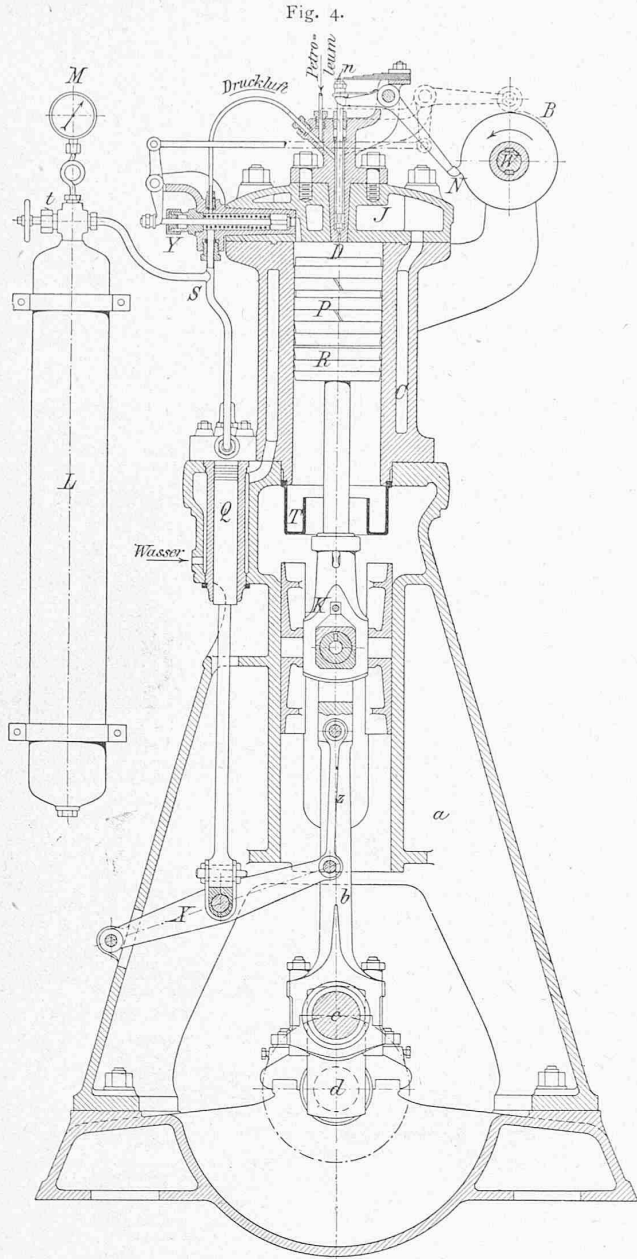
### Diesels rationeller Wärmemotor.

Von Rudolf Diesel, Ingenieur.

Vorgetragen in der XXXVIII. Hauptversammlung des Vereins deutscher Ingenieure zu Cassel, am 16. Juni 1897.

II.

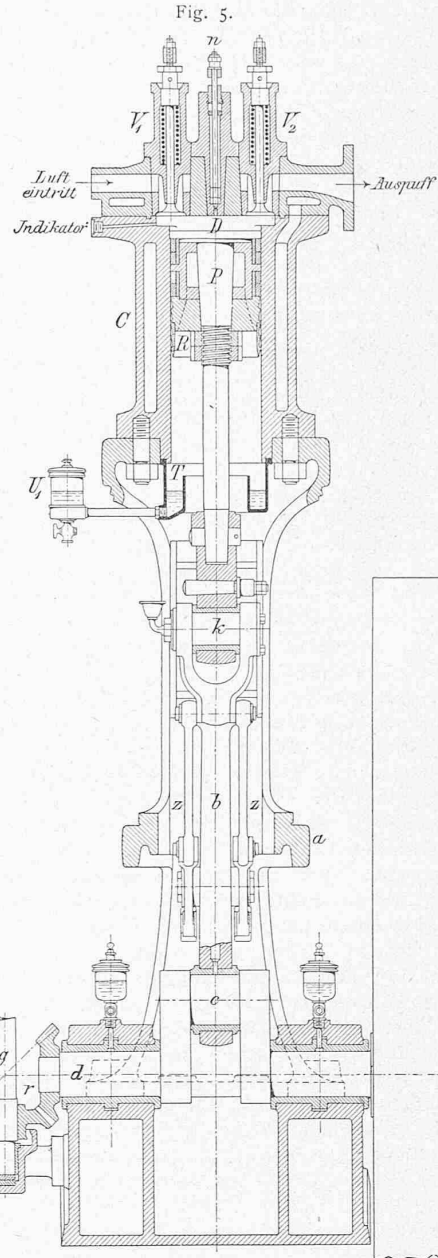
Auf Grund der nunmehr feststehenden Erfahrungen wurde ein ganz neuer, konstruktiv einheitlicher Motor von rund 20 P. S. gebaut, der Anfang 1897 mit Petroleum als Brenn-



stoff erprobt wurde, und über welchen nunmehr nähere Mitteilungen folgen.

Die Maschine ist in Fig. 4 bis 7 dargestellt. Daraus ist ersichtlich, dass der Cylinder aus den früher angegebenen Gründen mit Wassermantel versehen, dass der Tauchkolben mit Oelstopfbüchsen durch einen Ringkolben

ersetzt, dass die Steuerwelle nach oben verlegt ist, dass Einsauge- und Auspuffventil getrennt sind u. s. w. Neu ist ferner die kleine Luftpumpe Q, welche, durch Lenker z und Hebel X angetrieben, das Gefäss L mit Druckluft gefüllt erhält, und zwar unter einem höheren Druck als der höchste Kompressionsdruck im Cylinder. Vermittels der Rohrleitung S herrscht derselbe Ueberdruck auch im Innenraume des Einspritzventils D. In diesem sammelt sich in den durch den Viertakt bedingten Pausen zwischen den einzelnen Verbrennungsperioden auch das Petroleum an, das durch eine nicht abgebildete, kleine Petroleumpumpe



zugeführt wird. Beim Oeffnen der Düsennadel n strömt der Brennstoff infolge des Ueberdruckes durch die Düsenöffnung D nach dem Kompressionsraume der Maschine und erzeugt so die Verbrennungsperiode nach dem Diagramm Fig. 1 (S. 79), wobei Gestalt und Länge der Verbrennungskurve entsprechend der Leistung der Maschine verändert werden

können, teils durch Aenderung der Dauer der Brennstoffeinfuhr, teils durch Wechseln des Ueberdruckes im Gefäss  $L$ , teils durch Beginn der Einspritzung an verschiedenen Punkten der Kompressionslinie, wie schon früher erläutert.

Fig. 7 zeigt im einzelnen die ganze Steuerung und besonders das Anlassen des Motors mittels des Druckluftgefässes  $L$ . Es stellt  $W$  die Steuerwelle mit einer Anzahl unrunder Scheiben I bis V dar. Scheibe I steuert während des Viertaktbetriebes das Ventil  $V_1$ , III das Brennstoffventil in der Düse  $D$  und V das Auspuffventil  $V_2$  der Maschine. Die Gesamtheit dieser Steuerung dient auch zum Anlassen der Maschine, derart, dass komprimierte Luft aus  $L$  durch Ventil  $Y$  (Fig. 4) in den Cylinder tritt, den Kolben vorwärts treibt und dann durch das Hauptventil  $V_2$  entweicht. Während dieser sehr kurzen Anlassperiode befindet sich der Hebel  $H$ , Fig. 7, in der punktierten Stellung  $H_1$ , so dass Ventil  $Y$  durch Scheibe II, Ventil  $V_2$  durch Scheibe IV (statt V) gesteuert wird, während die Brennstoffscheibe III und Scheibe I des Eingangsventils ausgerückt sind. Nach einer geringen Zahl Umdrehungen besitzt die Maschine ihre normale Geschwindigkeit. In diesem Augenblick entfernt man einen Stift  $d$ , Fig. 7, welcher den Hebel in  $H_1$  festhält; letzterer wird unter der Wirkung der Feder  $F$  selbstthätig in die normale Betriebsstellung  $H$  geschwungen, und mit ihm die fünf unrunder Scheiben, wodurch der normale Betrieb hergestellt wird, ohne dass eine Unterbrechung des bereits eingeleiteten Betriebes der Maschine eintritt. Damit die Scheiben im gewollten Augenblick überspringen, kann dies nur dann stattfinden, wenn ein besonders hierfür vorgesehener Ausschnitt in der Nabe des Scheibensystems vor den Riegel  $p$  tritt.

Nachdem hiermit die Entwicklung der Konstruktion des Motors dargestellt ist, möge an Hand der bei den langjährigen Versuchen erzielten Diagramme auch die Entwicklung des Verfahrens erläutert werden; s. Diagrammtafel Fig. 8, S. 87.

Da die Diagramme nur ein Bild der Entwicklung geben sollen, so ist die Anführung der Maßstäbe, als unwichtig, unterlassen.

Die Diagramme sind teils mit Benzin, teils mit Petroleum, teils mit Leuchtgas, teils mit Dämpfen flüssiger Brennstoffe, teils mit Mischungen flüssiger Stoffe mit Gas erzeugt. Es würde zu weit führen, auf alle diese Einzelheiten hier näher einzugehen; ebenso ist es unmöglich, zu erläutern, mit welchen besonderen Mitteln die einzelnen Diagramme zu stande gekommen sind. Es sind nur allgemein sechs Perioden unterschieden, innerhalb deren jeweils eine besondere generelle Ausbildungsform bemerkbar war. Innerhalb jeder einzelnen Periode selbst wären wieder Unterperioden zu unterscheiden, die jedesmal gewissen Abänderungen oder Umbauten an der Maschine entsprechen. Es wäre zwecklos und heute ohne Interesse, alle diese Anordnungen, die im Laufe der Zeit zu einem umfangreichen Museum anwachsen, näher zu beschreiben.

Periode I, 1893.

No. 1. Erstes überhaupt erhaltenes Diagramm; heftigste Explosion; Zerstörung des Indikators.

Der gleiche Fall ist während der Entwicklungszeit der Maschine häufig vorgekommen; insofern waren die Versuche oft mit grosser Gefahr verbunden, und der Entschluss, neue Vorrichtungen zu erproben, war häufig schwer und wurde manchenmal erst nach wochenlangem Zögern gefasst.

An dieser Stelle darf ich nicht versäumen, der Verdienste der an den Versuchen beteiligten Herren Ingenieure Lucian Vogel und Fritz Reichenbach um die Entwicklung des neuen Motors in dankbarer Anerkennung zu gedenken. Sie widmeten sich den Versuchen mit nie zu beugender Ausdauer und beteiligten sich damit in hervorragender Weise an dem Gelingen des Werkes.

Heute verlaufen die Verbrennungen im Cylinder so ruhig und sicher, der Regulator beherrscht sie so unbedingt, dass man bei dem spielenden Gange der Maschine sich kaum mehr vorstellen kann, wie die Anfänge waren.

Uebrigens ist noch erwähnenswert, dass während der vieljährigen Versuchsperiode nicht einem der Beteiligten der geringste Unfall zugestossen ist.

No. 2, 3, 4. Beseitigung der Explosionen, aber keine Breitenentwicklung des Diagrammes.

Fig. 6.

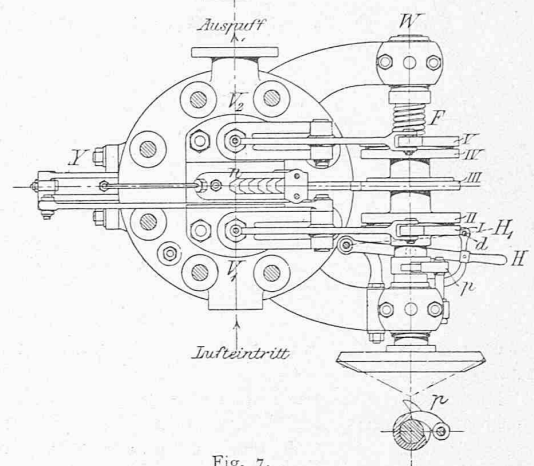
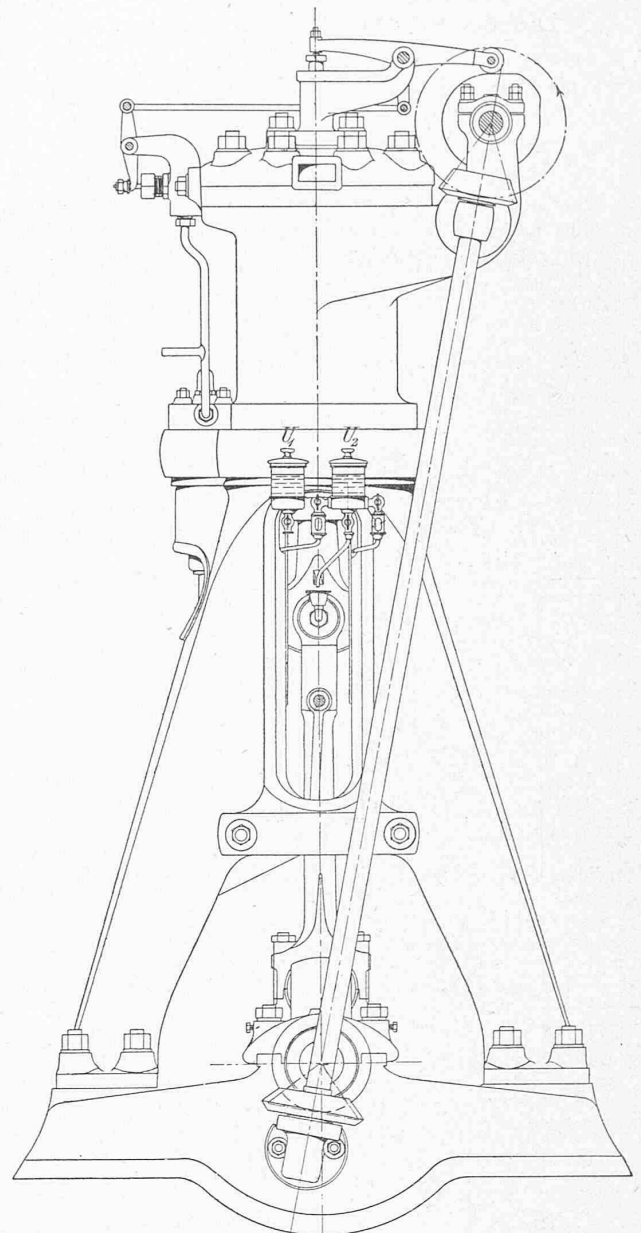
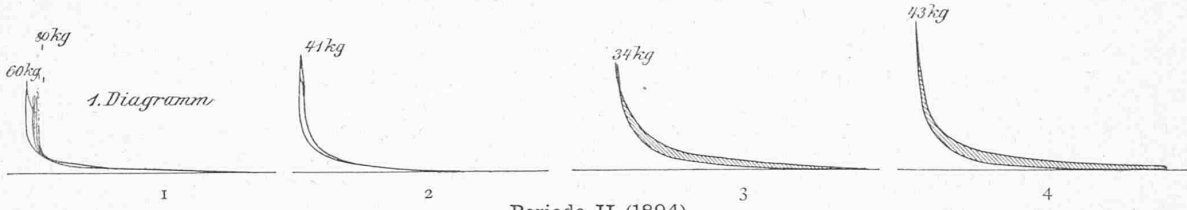
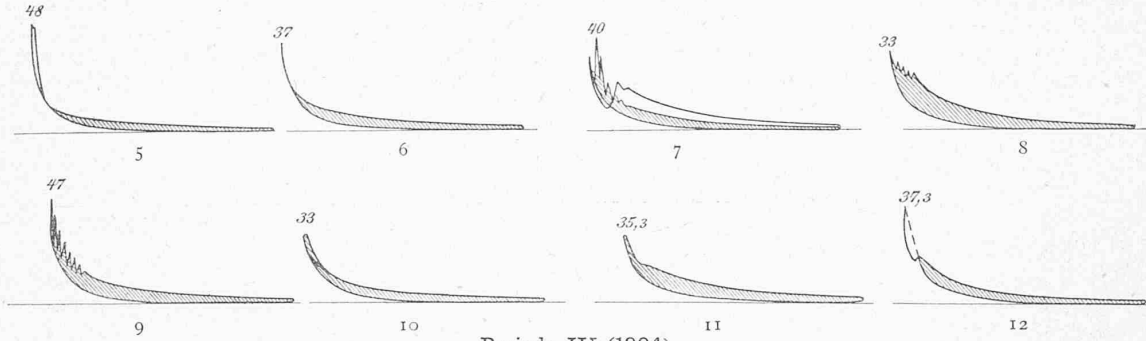


Fig. 7.

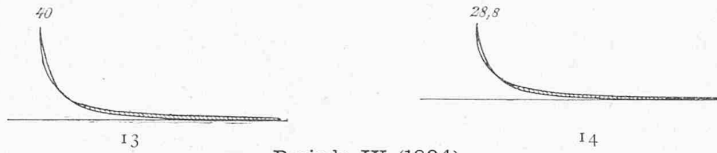
Fig. 8. Periode I (1893).



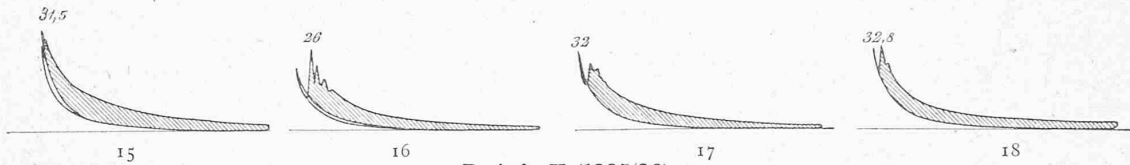
Periode II (1894).



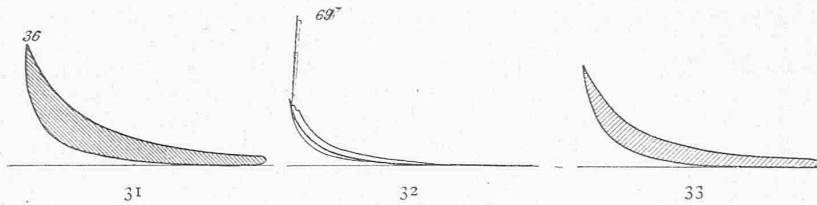
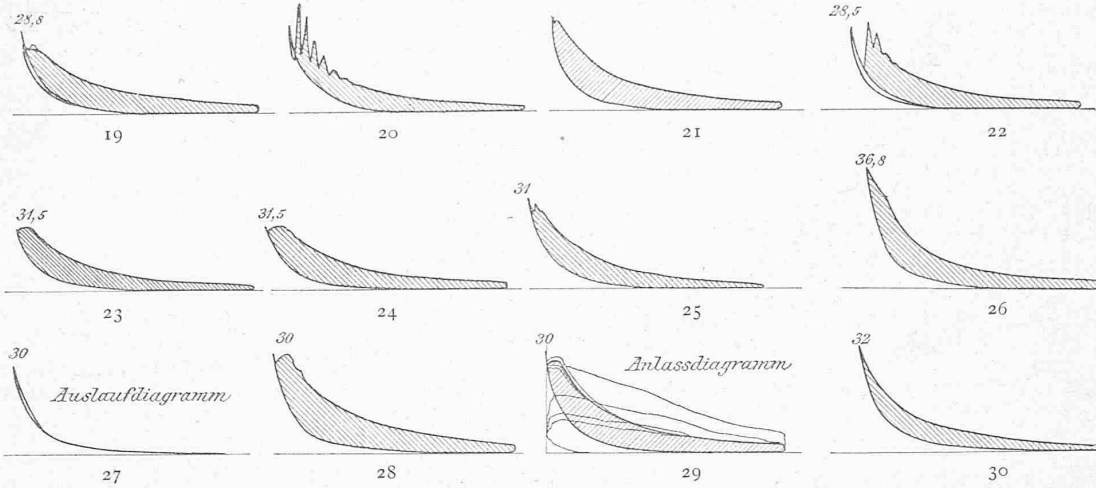
Periode III (1894)



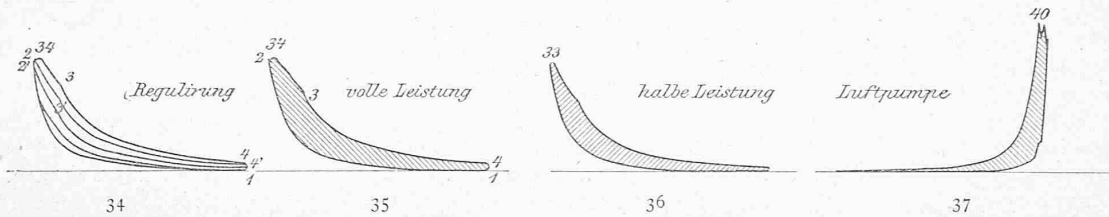
Periode IV (1894).



Periode V (1895/96).



Periode VI (1897).



In dieser ersten Periode wurde noch nicht Leerlauf erzielt, sondern lediglich der Nachweis geführt, dass Verbrennungen überhaupt nach dem vorgeschlagenen Verfahren erreichbar waren.

Vollständiger Umbau des Motors.

Periode II, 1894.

Nr. 5 bis 12. Durch vielerlei Zwischenfälle hindurch entsteht nach und nach eine markierte Verbrennungsperiode, anfangs sehr unruhig (7-9), dann ruhiger (10-12), nie aber eine Breitenentwicklung des Diagrammes. Immerhin wurde hier schon Leerlauf erreicht und damit bewiesen, dass Arbeit erzielbar sei, wenn auch wenig. Einzelne Diagramme (Nr. 8) zeigten übrigens schon grundsätzlich richtige Entwicklung und grossen Arbeitsüberschuss; sie

Periode IV, 1894.

Hier wurde unter vollständiger Umgehung der Periode III wieder an das vorher erwähnte Diagramm 8 der zweiten Periode angeknüpft. Da dieses ausnahmsweise entstehen konnte, so musste man es auch öfter wiederholen können. Dies gelang denn auch, wie die Diagramme Nr. 15 bis 18 beweisen, bei denen allerdings die Verbrennungen noch sehr unruhig blieben und manche Versager vorkamen (15 und 16), die aber doch schon zu einem Arbeitsüberschuss führten.

Periode V, 1895/96.

Nr. 19-22 zeigen noch Verbreiterung und Vergrösserung des Diagrammes, aber auch unruhige Verbrennung. Nr. 23, 24 und 28 zeigen endlich schöne, ruhig verlaufende Diagramme, mit denen monatelanger Dauerbetrieb des

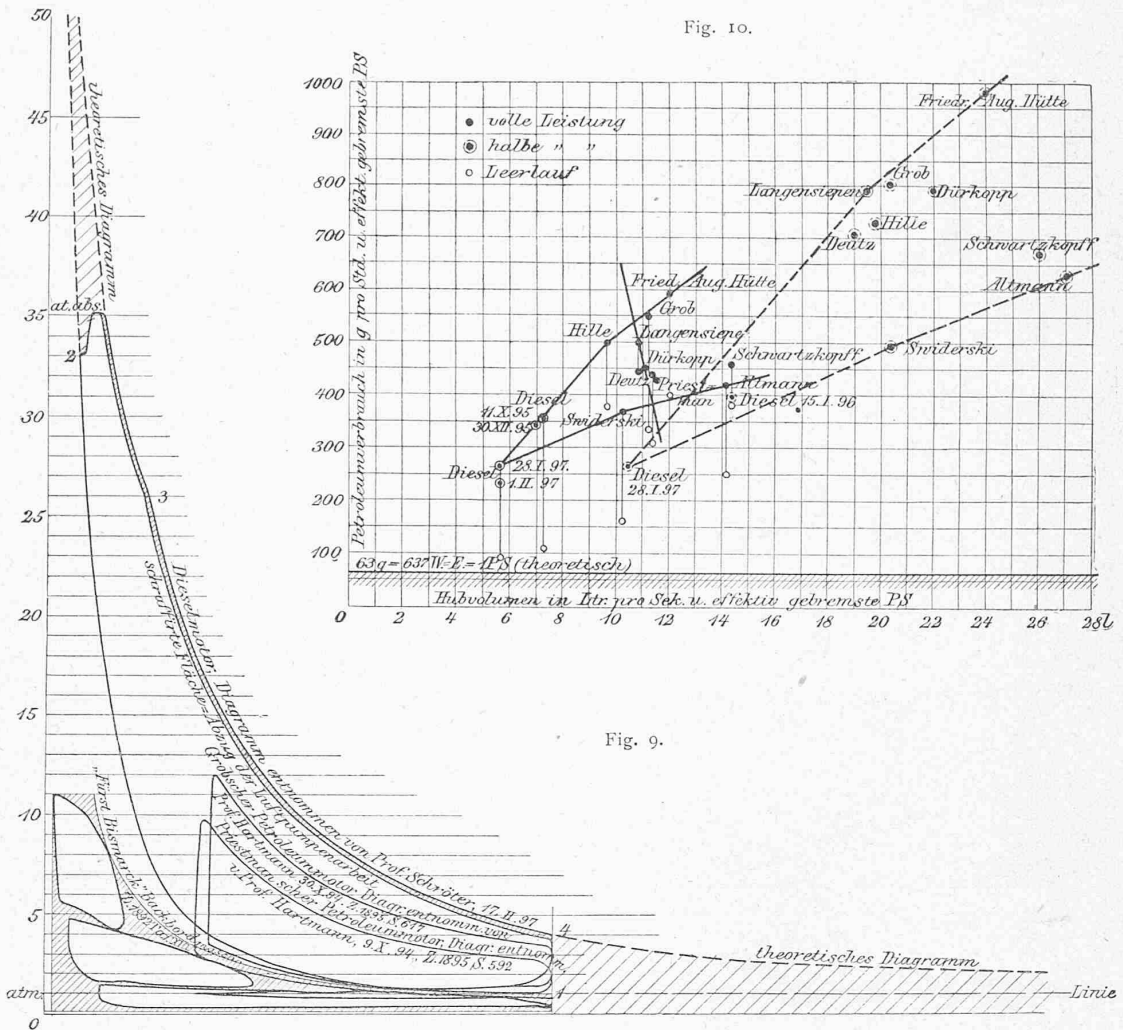


Fig. 10.

Fig. 9.

traten aber nur vereinzelt auf, und es konnte nicht erforscht werden, welche Bedingungen zu ihrer Wiederholung erforderlich waren.

Periode III, 1894.

In dieser Periode wurde versucht, die Einspritzung des Brennstoffes durch kinematische Anordnungen zu vollziehen, die den Zweck hatten, die Brennstoffmenge mit dem Kolbenwege in den theoretisch erforderlichen Zusammenhang zu bringen. Dieser scheinbar richtigste Gedanke führte zu vollkommen negativen Ergebnissen; wir erhielten 10 Monate lang, trotz vielfachen Umbaus der Anordnungen, nur Diagramme von der Form 13 und 14 ohne jede Flächenentwicklung. Diese Periode war die schlimmste der ganzen Entwicklungszeit, und es bedurfte des ganzen Vertrauens aller Beteiligten in die wissenschaftliche Wahrheit, die uns leitete, um die Sache damals nicht fallen zu lassen.

Motors erzielt wurde bei thermischen Ergebnissen, die damals schon beträchtlich über denen aller anderen ähnlichen Motoren standen

Diagramm 27 ist ein sogen. Auslaufdiagramm nach Abstellung der Brennstoffzufuhr; man sieht, dass Kompressions- und Expansionslinie sich fast decken.

Nr. 29 ist ein Anlassdiagramm, bei dem das Anlassen mittels komprimierter Luft und darauf folgend, nach Umschaltung der Steuerung, eine Anzahl normaler Betriebsdiagramme bei voller Belastung sichtbar werden.

Nr. 30 bis 33 zeigen verschiedene Versuche zu Abänderungen der Brennstoffzufuhr, die aber weniger gute Resultate ergaben.

Periode VI, 1897.

Hier sind die typischen Diagramme des heute vollständig entwickelten Petroleummotors ersichtlich, wie sie von Hrn. Professor Schröter entnommen wurden.

Nr. 35, bei normaler Leistung entnommen, zeigt in Kurve 1—2 die Kompressionslinie, in 2—3 die oben abgerundete, dann bis 3 ungefähr isothermisch verlaufende Verbrennung und in 3—4 die Expansion. Nr. 34 zeigt die Regulierung bei Entlastung der Maschine von voll auf fast Null. Darin ist 1, 2, 3, 4 wieder das volle Diagramm wie 35; in 1, 2', 3', 4' zeigt sich die Abnahme des Diagrammes durch Verkleinerung der Admissionsperiode des Brennstoffes, wie bei Dampfmaschinen die Verkleinerung des Diagrammes durch Verringerung der Admission entsteht. Dieses Diagramm zeigt eine der wertvollsten Eigenschaften des Motors, seine vollständige Ähnlichkeit mit der Dampfmaschine in Bezug auf Diagrammform und Regulierung.

Man muss sich hier nicht durch den Masstab täuschen lassen, weil die Diagramme immer noch sehr schmal aussehen. Ihre wahre Bedeutung ist aber aus der Fig. 9 zu ersehen, wo die Diagramme der Dampfmaschine, des Explosionsmotors und des rationellen Motors für gleiche Cylindergrösse in gleichem Masstabe aufgetragen sind; es ist ersichtlich, dass das Diagramm des neuen Motors an Fläche das weitaus grösste ist.

Diagramm 36 ist bei halber Leistung entnommen.

Diagramm 37 ist das Diagramm der Luftpumpe.

In dieser Periode und mit diesen Diagrammen wurden die Ergebnisse erzielt, über die noch nähere Mitteilungen folgen werden.

An dieser Maschine wurden nunmehr die intensivsten Versuche vorgenommen, teils von Professoren, teils von Abordnungen industrieller Werke, und zwar in folgender Reihenfolge:

am 4. und 5. Februar 1897 von den Herren Direktor Schumm und Ingenieur C. Stein von der Gasmotorenfabrik Deutz und Oberingenieur Gillhausen von der Firma Fried. Krupp in Essen;

am 12. und 13. Febr. 1897 von den Herren Sulzer-Imhoof, Sulzer-Schmidt und Eric Brown, sämtlich von der Firma Gebr. Sulzer in Winterthur;

am 17. Febr. 1897 von Hrn. Professor Schröter von der Technischen Hochschule München unter Beistand der Herren Dr. Munckert und Ingenieur Brückner, beide an derselben Hochschule;

am 17. März 1897 von Hrn. Professor M. F. Gutermuth von der Technischen Hochschule Darmstadt unter Beistand des Herrn Ingenieur Richter von der Nürnberger Maschinenbau-A.-G.;

am 30. April und 1. Mai 1897 von einer französischen Kommission, bestehend aus den Herren E. Sauvage, Professor an der Ecole nationale des mines in Paris und Ingénieur en chef des mines; E. Carié, Ingénieur en chef de la Société des forges et chantiers de la Méditerranée, Paris, G. Merceron, Ingénieur-directeur de la Compagnie Meusienne des chemins de fer, und Fréd. Dyckhoff, Constructeur in Bar-le-Duc.

Diese sämtlichen Versuche wurden mit der äussersten Gründlichkeit vorgenommen, unter wiederholter Prüfung aller dabei benutzten Apparate und Instrumente mit der peinlichsten Gewissenhaftigkeit. Sie dauerten teils einen, meistens aber mehrere Tage und umfassten alle Betriebsarten des Motors, seine Regulierung unter erschwerenden Umständen u. s. w.

Die Ergebnisse aller Versuche stimmen so sehr überein, dass sie als vollkommen feststehend angesehen werden können und durch sie die neue Maschine an die Spitze aller bisher gebauten Wärmemotoren tritt, die sie sämtlich in ihrer Wärmeausnutzung übertrifft. Hr. Professor Schröter wird die Güte haben, über seine Versuche zu berichten, die, wie wir es an ihm gewöhnt sind, als ein geradezu klassisches Muster von Genauigkeit und Vollständigkeit gelten können. Ich selbst bin dadurch der Aufgabe enthoben, die neue Maschine selbst zu beurteilen; es bleibt mir deshalb nur noch übrig, einige generelle Betrachtungen anzuschliessen.

Ich greife zu diesem Zweck nochmals zu der schon mehrfach benutzten Tabelle (S. 78 vor. Nummer) und be-

trachte die einzelnen dort für die Dampfmaschine angegebenen Wirkungsgrade nunmehr an dem neuen Motor.

1.  $\eta_1$ , der Wirkungsgrad des Dampfkessels, ist in der neuen Maschine = 1, da die ganze Verbrennungswärme des Brennstoffes auf den arbeitenden Körper: Luft, übertragen wird.

2. Der theoretische Wirkungsgrad  $\eta_2$  schwankt, wie ich a. a. O. nachwies, zwischen 50 und 70%; der kleinere Wert gilt für die einfache, ein cylindrige Maschine, die in Fig. 4 bis 7 dargestellt ist, und welche ihrer Einfachheit halber ein sehr ausgedehntes Anwendungsfeld hat; der grössere Wert gilt für feinere, besonders Verbundanordnung, die ich als die richtige Konstruktion für diejenigen Maschinen ansehe, welche die Wärmeausnutzung als höchstes Ziel verfolgen. Dieser Wert  $\eta_2$  ist doppelt so gross wie bei Dampfmaschinen; in ihm liegt die Ueberlegenheit des neuen Motors gegenüber der Dampfmaschine und auch den Explosionsmotoren, deren  $\eta_2$  nach Clerk zwischen 33 und 43% schwankt.

3. Da nach den Versuchen die wirklich in indicierte Arbeit verwandelte Wärme zwischen 34 und 40% schwankt, so ist schon jetzt bei dieser einfachen Maschine der indicierte Wirkungsgrad  $\eta^3 = 70$  bis 80%, also weit höher als bei der Dampfmaschine und sehr wesentlich höher als bei Explosionsmotoren.

4.  $\eta_4$  schwankt bei der neuen Maschine zwischen 71 und 75%, ist also wesentlich kleiner als bei der Dampfmaschine und den Explosionsmotoren. Es ist jedoch nicht zu bezweifeln und es liegen genügend Gründe zu der Annahme vor, dass der mechanische Wirkungsgrad nach und nach ebenso hoch steigen kann wie bei anderen Maschinen. Wie dem aber auch sei, vorläufig sei nur mit Thatsachen allein gerechnet, und diese ergeben als wirtschaftliches Resultat:

$$\eta = \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot \eta_3 \cdot \eta_4 = 1 \cdot 0,50 \cdot 0,72 \cdot 0,74 = 0,266,$$

d. h. 26,6% der Wärme werden in gebremste Arbeit verwandelt<sup>1)</sup>.

Da der bei den Versuchen verwendete Brennstoff gewöhnliches Lampenpetroleum war, so ist ein Vergleich zunächst nur mit den Motoren gleicher Art zulässig.

In Fig. 10 sind die zuverlässigsten, bisher über Petroleummaschinen in Deutschland veröffentlichten Versuche (von Prof. W. Hartmann) graphisch aufgetragen. Darin sind als Abscissen die Hubvolumen in ltr/sek, als Ordinaten der Petroleumverbrauch in g/Std., beide für die effektiv gebremste Pferdestärke, aufgetragen, und zwar ausgezogen für volle Leistung, gestrichelt für halbe Leistung der Maschinen. An den einzelnen Punkten stehen die Namen des betreffenden Maschinensystems<sup>2)</sup>.

Aus der Figur gehen noch zwei weitere Eigenschaften der neuen Maschine hervor; die erste ist die sehr geringe Steigerung des Verbrauchs bei abnehmender Leistung. Es darf beinahe ausgesprochen werden, dass der Verbrauch pro P.S.e. innerhalb der praktischen Betriebsgrenzen der Maschine nahezu konstant ist, während er bei allen anderen Petroleummaschinen bei abnehmender Leistung ausserordentlich steigt. Diese Eigentümlichkeit erklärt sich daraus, dass bei abnehmender Leistung der thermische Wirkungsgrad stark wächst, wodurch der Verlust am mechanischen Wirkungsgrad bei geringerer Leistung der Hauptsache nach aufgehoben wird. Diese Eigenschaft hat keine andere Maschine, selbst die Dampfmaschine nicht; sie ist von weittragender Bedeutung, da ja in der Praxis eine Maschine niemals mit ihrer grössten Leistung arbeitet und daher niemals in Wirklichkeit das bei Versuchen mit grösster Leistung erzielte Ergebnis beibehält, während die neue Maschine dies tatsächlich thut.

(Schluss folgt.)

<sup>1)</sup> Diese Zahl schwankt in den Versuchen der verschiedenen Kommissionen um rund 1%. Prof. Schröter giebt dafür 25,7% als Mittelwert seiner Versuche.

<sup>2)</sup> Seit den Versuchen Hartmanns sind für einzelne Systeme bessere Ergebnisse veröffentlicht worden; sie sind aber teils nicht offiziell, teils unter so abweichenden Verhältnissen erzielt, dass ihre Aufnahme gegenüber den gleichartigen und einheitlichen Versuchen Hartmanns noch nicht gerechtfertigt erschien.