

80 Proz. 2409 WE ausmacht. Die gegebenen Garantien sind als erreicht zu betrachten.

Die Prüfungen bei 60 tägigem Dauerbetriebe ergaben folgende Daten und Resultate:

Gesamte Feuerungszeit des Generators	1464 Stdn.
Gesamte Betriebszeit des Motors . . .	1080 „
Feuerung außer Betrieb	384 „
Gesamter Torfverbrauch	49 000 kg (etwa 25 Proz. Wassergehalt).

In der Zeit der Außerbetriebsetzung der Feuerung sind etwa 4 kg Torf pro Stunde benötigt worden, somit in Summa rund 1500 kg.

Die effektive Leistung war im Mittel 45 PS. Der Torfverbrauch pro Pferdestärke und Stunde $\frac{49\,000 \cdot 1500}{45 \cdot 1080} = 0.98$ kg. Der Torf ent-

hält bei 25 Proz. Feuchtigkeit 3600 WE. Unter Annahme von 75 Proz. Nutzeffekt des Motors bei 55 PS Belastung verbraucht der Motor laut

Garantie $\frac{80}{75} \cdot 2409 = 2560$ WE pro Pferdestärke und Stunde. Der

Nutzeffekt des Generators ergibt sich zu $\frac{2560}{0,98 \cdot 3600} = 72,5$ Proz.

Dieser Wert ist bei der ungleichmäßigen und geringen Belastung als hoch zu bezeichnen. (Weitere Beispiele s. auch unter V. dieses Abschnittes.)

V. Verbrennungskraftmaschinen.

1. Betriebsmittel, Wirkungsweise und Vorteile der verschiedenen Motorenarten.

Die Maschinen für flüssige Brennstoffe sind fast alle einfach wirkende Viertaktmaschinen und werden meistens nur für niedrige Kraftleistungen gebaut. Zur Zerlegung des flüssigen Brennstoffes in feine Teilchen und der Zusammenführung mit der zur Verbrennung erforderlichen Luft ist eine besondere Einrichtung vorhanden; vielfach wird außerdem noch eine Vorwärmung für gewisse Brennstoffe verlangt.

Die Herstellung eines brennbaren Gemisches erfolgt am einfachsten bei Benzinverwendung. Das Gemisch wurde bisher erreicht, indem man Luft durch einen Raum, welchen man Karburator nennt, saugte, in welchem Benzin an Dochten oder über Steine herabrieselte. Dieses Gas war sehr reich an Benzindämpfen und mußte zu einer normalen Verbrennung vor Eintritt in die Maschine durch Luft verdünnt werden. Die vorbereiteten Luftbenzinmischungen sind wegen Explosionsgefahr tunlichst zu vermeiden und hat man daher getrachtet, Benzin direkt in dem Vergasungsraum der Maschine mit Luft zu mischen und die Karburatoren abzuschaffen. Gebr. Körting und andere haben derartige Konstruktionen schon vor Jahren durchgeführt. Die liegende Körtingsche Maschine für flüssige Brennstoffe ist mit einem Zerstäuber ausgerüstet,

welcher durch die Kolbensaugkraft geöffnet wird. Der flüssige Brennstoff wird nach Öffnung des Zerstäubers in Staubform in den Verdampfungsraum und zwar nach Mischung mit der Verbrennungsluft, die am Zerstäuber vorbeistreicht, geführt. Bei Benzinverwendung braucht der Verdampfungsraum nicht besonders geheizt zu werden. Bei Benzol-, Petroleum- oder Spiritusverwendung müssen die aus der Verbrennung entstehenden heißen Gase um den Verdampfungsraum zirkulieren, so daß dieser, nebst dem Luftzuführungskanal zum Zerstäuber, vorgewärmt wird. Je nach der Höhe der geforderten Vorwärmung werden die Verbrennungsgase nur teilweise — bei Benzol- oder Spiritusverwendung — oder ganz — bei Petroleumverwendung — um den Verdampfungsraum geleitet.

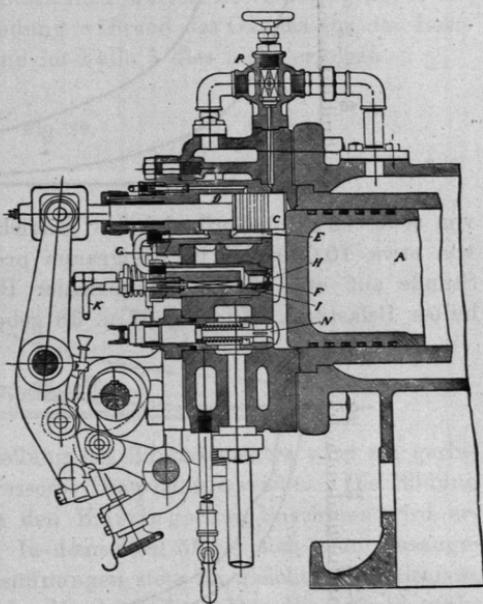
Das Anlassen der Maschinen erfolgt durch Druckluft und zwar läßt man, um ein gutes, brennbares Gemisch zu erreichen, die Benzol-, Petroleum- und Spiritusmaschinen anfangs mit Benzin anlaufen, bis die nötige Wärme des Verdampfungsraumes vorhanden ist.

Petroleum, Rohöl und Rohnaphtha werden auch zum Betriebe des Öleinspritzmotors — System Trinkler — verwendet. Der flüssige Brennstoff wird in fein zerstäubter Form direkt in den Arbeitsraum, in welchem die schon durch den Arbeitskolben komprimierte Verbrennungsluft vorhanden ist, eingespritzt. Da die dem Kompressionsgrad, auf welchen die Luft verdichtet ist, entsprechende Temperatur viel höher ist, wie die Entzündungstemperatur des Brennstoffes, so tritt eine sofortige Entzündung und Verbrennung ein. Die Zerstäubung des Brennstoffes wird durch einen Teil der komprimierten Luftmenge bewirkt, welche auf eine höhere als die Kompressionsspannung gebracht wird, um den in dem Wege dieser Luft vorher eingelagerten Brennstoff beim Einströmen in den Arbeitsraum mitzuführen und durch Zerstäubung sicher mit der Verbrennungsluft zu vermischen. Bei der Trinklerschen Maschine erfolgt die vielfach auf Schwierigkeiten stoßende Zerstäubung des Brennstoffes durch einen automatisch wirkenden Hilfskolben — Einspritzkolben — der am Ende des Kompressionsvorganges eine kleine Menge der im Kompressionsraum verdichteten Luft von diesem abtrennt, diese Menge weiterhin komprimiert und durch die Einspritzdüse, in der dieselbe mit dem Brennstoff zusammentrifft, diesen mitnimmt und mit dem nötigen Einblaseüberdruck in den Verbrennungsraum hineindrückt. Der Motor selbst beruht auf dem einfachwirkenden Viertaktsystem und findet somit bei jedem vierten Hube ein Verbrennungsvorgang statt.

An Hand der Abbildung, Fig. 36, will ich kurz die Wirkungsweise der Maschine beschreiben. Der Arbeitskolben *A* saugt beim Vorwärtsgange durch das Einlaßventil atmosphärische Luft ein, welche beim Rückwärtsgange des Kolbens auf etwa 30 Atm. komprimiert wird, wobei sich der Raum *D* vor dem Kolben *C* durch den Kanal *E* mit komprimierter Luft von etwa 30 Atm. Druck füllt. Von dem Raume *D* geht die Luft in die Einspritzdüse *F* und die Einblase-

leitung *G* über, während durch die enge, nach dem Verbrennungsraum beständig offene Mündung *H* der Einspritzdüse relativ wenig Luft in die Einblaseleitung einströmt; hierdurch wird die ruhige Einlagerung des flüssigen Brennstoffes in die Einspritzdüse *F*, in welche derselbe durch das Ventil *I* von der Brennstoffpumpe durch die Leitung *K* während des Saughubes eingeführt wird, bewirkt. Am Ende des Kompressionshubes des Arbeitskolbens *A* wird der Einspritzkolben *C*, der bis dahin durch Klinkvorrichtung festgehalten wurde, durch Überdruck rasch nach außen bewegt, so daß der Kanal *E* und das im Raume *D* befindliche Luftvolumen von dem zwischen Arbeitskolben und Zylinderboden belegenen Verbrennungsraum abgetrennt wird. Durch die Bewegung des Einspritzkolbens wird die Einblaseluft auf den gewünschten Überdruck gebracht; diese Bewegung erfolgt durch Druckdifferenz auf der dem Kompressionsraum zugewandten Stirnfläche und der durch die verstärkte Kolbenstange des Einspritzkolbens gebildeten Ringfläche. Bei der fortgesetzten Auswärtsbewegung des Kolbens *C* wird das Luftvolumen aus dem Raume *D* durch Leitung *G* und Düse *F* in den Verbrennungsraum geführt. Da die Einspritzdüsenmündung *H* eng ist und die Kolbenbewegung schnell erfolgt, so wird die Einblaseluft fortgesetzt weiter verdichtet und durchströmt die Brennstoffeinlagerungskammer der Düse *F* und diese selbst sehr schnell; infolgedessen wird der Brennstoff mitgerissen und gut zerstäubt in den Verbrennungsraum getrieben, woselbst er sich infolge der hohen Temperatur der komprimierten Luft automatisch entzündet und hierdurch der Arbeitskolben vorwärts bewegt wird. Das Auslaßventil wird durch die Steuerung kurz vor Ende des Arbeitshubes geöffnet und die Verbrennungsprodukte werden bei Rückwärtsbewegung des Kolbens ausgeblasen. Sodann wiederholt sich der Arbeitsvorgang. Durch Druckluft, die durch ein gesteuertes Anlaßventil *N* in die Maschine getrieben wird, wird das Anlassen der Maschine bewirkt. Der Preßluftbehälter zum Anlassen wird mittels des durch das Kühlwasser der Maschine gekühlten Ladeventils *P* von der Maschine selbst ge-

Fig. 36.



der Maschine gekühlten Ladeventils *P* von der Maschine selbst ge-

laden. Mit 15 Atm. Druckluft kann die Maschine gut in Betrieb gesetzt werden.

Zünd- und Heizapparate sind an der Maschine nicht vorhanden. Der Einspritzapparat arbeitet einfach ohne Ventile und besonderem Druckluftbehälter. Die Regulierung der Maschine wird sehr leicht bewirkt dadurch, daß die Brennstoffpumpe nicht gegen hohen Gegendruck zu fördern hat, sondern den Brennstoff mit Atmosphärendruck in den Düsenraum hineindrückt. Der Brennstoffverbrauch bei einer Maschine

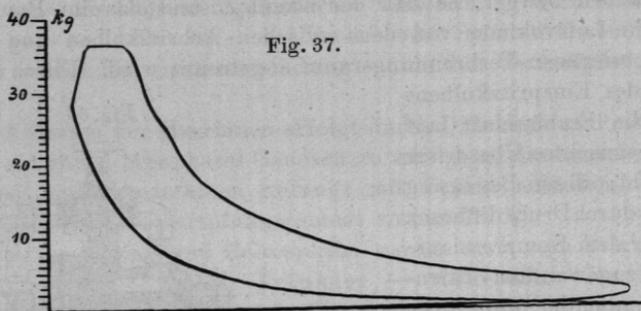


Fig. 37.

von etwa 12 PS belüftet sich bei Betrieb mit russischem Rohnaphtha von etwa 10 000 WE im Kilogramm pro effektiver Pferdestärke und Stunde auf etwa 220 g bei normaler Belastung und etwa 240 g bei halber Belastung. Die Fig. 37 u. 38 geben ein Bild über den Arbeits-

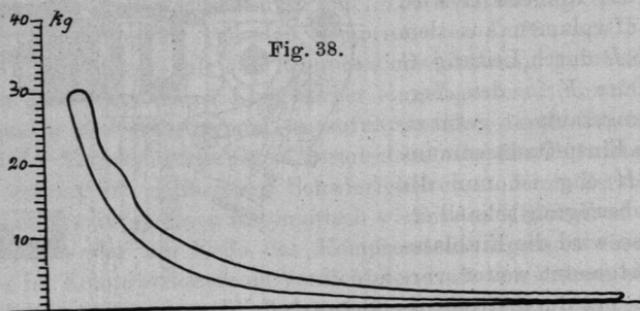


Fig. 38.

prozeß der Maschine. Das Vollbelastungsdiagramm ergibt einen Kolbendruck von 8,5 kg pro Quadratcentimeter bei etwa 208 g Petroleumverbrauch pro effektiver Pferdestärke und Stunde.

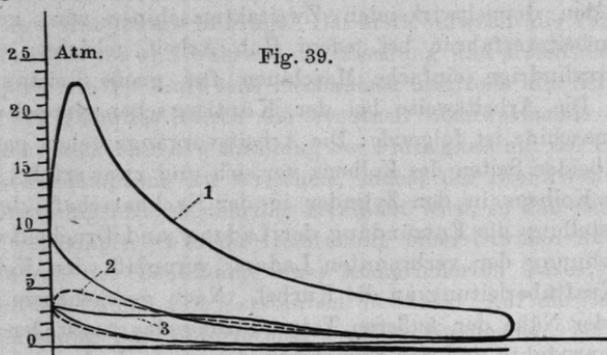
Die Verbrennungskraftmaschinen¹⁾ werden hauptsächlich in liegender Form — mit Ausnahme vom Dieselmotor und schnell laufenden Automobil- und Bootsmotoren —, welche in stehender Form ausgeführt werden; für die letztere Bauart kommen nur kleinere Betriebskräfte in Frage. Die liegende Bauart hat den Vorzug bequemerer Bedienung

¹⁾ Siehe hierzu und zu vorhergehendem und nachfolgendem das Buch über Wasser- und Kanalisationswerke von Gebr. Körting.

und leichter Zugänglichkeit. Die liegenden Maschinen werden als „einfach wirkende Einzylinder-Viertaktmaschinen“ oder bei größeren Typen als „einfachwirkende Zwillingsviertaktmaschinen“ oder als „doppeltwirkende Viertaktmaschinen“ in Einzylinder-, Zwillings- oder Tandemanordnung, sowie auch als „doppeltwirkende Zweitaktmaschinen“ in Einzylinder- oder Zwillingsanordnung gebaut.

Bei den „einfachwirkenden Einzylinder-Viertaktmaschinen“ wird derselbe Zylinder abwechselnd als Pumpe zur Beschaffung der brennbaren Ladung und als Treibzylinder benutzt, so daß jede zweite Umdrehung eine Kraftäußerung stattfindet.

Nachfolgendes Diagramm (Fig. 39, Kurve 1) zeigt die genaue Verbrennung in der Maschine bei Vollast einer Körtingschen Maschine; Kurven 2 und 3 geben den Unterschied zweier Leerlaufdiagramme an, bei welchen im Falle 2 die Zündung während des Ganges für den Leerlauf einreguliert wurde, während im Falle 3 dies nicht erfolgte.



Durch die richtige Einstellung des Zündmomentes wird ein geringerer Gasverbrauch und ein besseres Diagramm erreicht. Die Bildung des brennbaren Gemisches in den Körtingschen Maschinen wird erreicht durch das Mischventil. In demselben öffnen sich beim Ansaughub die Gas- und Lufteintrittsöffnungen stets im gleichen Verhältnisse, unabhängig von der Öffnung des Mischventiles. Das Mischventil wirkt automatisch und ist unabhängig von der Schnelligkeit des Ganges, sowie von der Größe der Leistung; das brennbare Gemisch ist immer von gleicher und zwar von solcher Beschaffenheit, daß die beste Verbrennung erzielt wird. Durch das Mischventil wird eine verhältnismäßig hohe Gleichförmigkeit des Ganges bei relativ geringem Schwungradgewicht erreicht.

Auf eine gute gleichmäßige Verbrennung der Ladung, so daß auch in den verbrannten Gasen keine brennbaren Teile verbleiben, muß besonders geachtet werden. (Siehe hierüber auch Zeitschr. d. Ver. D. Ing. 1902, Aufsatz von Prof. E. Meyer, S. 1396.)

Bei der Körtingschen Maschine wirkt der Regulator auf eine Drosselklappe, welche in dem Kanal zwischen Misch- und Einlaßventil an-

gebracht ist; dieselbe öffnet und schließt sich je nach der Kraftentnahme mehr oder weniger und bewirkt eine Verringerung oder Vermehrung des zur Verbrennung kommenden Gemisches. Auf diese Weise wird die Gleichmäßigkeit des Ganges und die geringe Veränderung der Tourenzahl zwischen Vollast und Leerlauf erreicht. Der Regulator hat nur eine geringe Arbeit zu leisten, so daß ein „sehr schnelles und sicheres Folgen der Regulierung bei wechselnden Belastungen“ erfolgt.

Für große Krafftleistungen werden die einfachwirkenden Viertaktmaschinen zu schwerfällig; außerdem ist bei Verwendung einzyklindriger Maschinen sehr schnell die zulässige Grenze überschritten, weshalb man zu den doppeltwirkenden Viertaktmaschinen übergang. Größte Einfachheit bei guter Zugänglichkeit aller arbeitenden Teile gewährt eine hohe Betriebssicherheit. Der mechanische und thermische Effekt ist ein guter.

Bei den doppeltwirkenden Zweitaktmaschinen wird gemäß dem Zweitaktarbeitsverfahren bei jedem Hub Arbeit geleistet; es können somit einzyklindrige einfache Maschinen für große Leistung gebaut werden. Die Arbeitsweise bei der Körtingschen doppeltwirkenden Zweitaktmaschine ist folgende: Die Arbeitsvorgänge gehen ganz gleichartig auf beiden Seiten des Kolbens vor sich und zwar erfolgt nach Einschub des Kolbens in den Zylinder in der Nachbarschaft der inneren Totpunktstellung die Entzündung der Ladung und Druckentwicklung. Die Ausdehnung der verbrannten Ladung veranlaßt den Kolbenschub und die Kraftüberleitung an die Kurbel. Nach geschehenem Ausschub findet in der Nähe der äußeren Totpunktzone das Ausstoßen der Verbrennungsprodukte und das Einnehmen der neuen Ladung statt. Beim darauffolgenden Kolbeneinschub wird die Verdichtung der Ladung durch den Treibkolben bewirkt. Bei diesem Bewegungszyklus wird in zwei Hübén dasselbe erreicht, was beim Viertaktzyklus in vier Hübén erfolgt und zwar, daß die zwei Vorgänge des Ausstoßens des Verbrennungsrückstandes und des Einnehmens der neuen Ladung während der Bewegung des Kolbens in der Nähe der Totpunktzone nach bewirktem Ausschub stattfinden.

Die Dieselmotoren werden hauptsächlich von den Vereinigten Maschinenfabriken Augsburg und der Maschinenbau-Gesellschaft Nürnberg, A.-G., gebaut.

Die Motoren werden stehend, einseitigwirkend gebaut und arbeiten im Viertakt. Erster Arbeitshub — der Kolben saugt Luft in den Zylinder an; zweiter Arbeitshub — die angesaugte Luft wird auf etwa 30 bis 40 Atm. komprimiert und dadurch weit über die Entzündungstemperatur des einzuspritzenden Brennstoffes erwärmt; dritter Arbeitshub — der durch hochgespannte Luft von etwa 60 Atm., die durch eine besondere Luftpumpe komprimiert wird, eingeblasene flüssige Brennstoff verbrennt im ersten Teil des Hubes, während gegen Ende

der Verbrennung bis zum Ende des Hubes die Verbrennungsprodukte unter Leistung von Arbeit expandieren; vierter Arbeitshub — Ausstoßen der Verbrennungsprodukte.

Als flüssige Brennstoffe¹⁾ kommen außer Spiritus — dessen Bedeutung vielfach überschätzt wird — nur Destillate der natürlichen Erdöle, und zwar sowohl der teure Benzin, als auch das Petroleum und Gasölsorten mit hoher Entflammungstemperatur, ferner die Braunkohlenteeröle, die Schieferöle und die Steinkohlenteeröle in Betracht — letztere wegen der verschiedenen physikalisch-chemischen Natur oft wenig geeignet.

Bevorzugt werden hauptsächlich die Kohlenwasserstoffverbindungen der Paraffinreihen oder der Äthylenreihen. Je höhersiedend die Öle sind, je höher der Luftbedarf, je schwieriger die Mischfähigkeit und je schwieriger die Aufgabe des Konstrukteurs. Zur vollkommenen Verbrennung ist eine intensive Mischung erforderlich. Zur innigen Mischung kommen zwei Hauptwege in Frage. Der erste bezweckt die Verdampfung des Brennstoffes vor und während der Mischung und erzielt die Mischung des Dampfes mit der Luft teils mechanisch und teils mit Hilfe der Absorption des Dampfes durch die eventuell anzuwärmende Luft; der zweite sucht eine intensive Mischung der Flüssigkeit mit der Luft bereits vor ihrer Verdampfung zu erreichen, indem der Brennstoff innerhalb der Verbrennungsluft gleichmäßig zerstäubt wird, so daß jeder Tropfen für sich verdampft. Für die Herstellung einer Ölwolke hat sich nur das Verfahren der Benutzung eines komprimierten Gases, z. B. Luft oder eventuell Dampf zum Zerstäuben, bewährt. Auf die Beschreibung und Erläuterung der Motorformen¹⁾ näher einzugehen, ist hier nicht der Platz; ich muß mich somit darauf beschränken, das erfolgreichste Verfahren kurz anzugeben. Hier wird die Zerstäubung erst nach Beendigung der Kompression in einem kleinen Raume und somit sicher und gleichmäßig erzielt; dieses Verfahren wird beim Dieselmotor angewandt.

Der Arbeitszylinder des Dieselmotors ist oben durch einen Deckel geschlossen und unten offen. Im Deckel sind die den Prozeß regelnden Organe: Auspuffventil für die Verbrennungsprodukte, Einsaugeventil für frische Luft, Brennstoffventil zur Einführung des Brennstoffes in den Zylinder und Anlaßventil für Druckluft zum Ingangsetzen des Motors. Alle Ventile — mit aufgeschliffenen Ventilsitzen — werden durch unrunde Scheiben und Federn geöffnet bzw. geschlossen. Steuer-scheiben befinden sich auf einer Steuerachse, welche die Hälfte der Umdrehungen der Kurbelwelle macht. Zylinder und Deckel werden durch Wasser gekühlt.

¹⁾ Über das Studium der verwandten Brennstoffe, Motorformen usw. empfehle ich die interessante und lehrreiche Arbeit von K. Kutzbach; Zeitschr. d. Ver. D. Ing. 1907, S. 521 u. f.