

schlagventil genannt) erforderliche Gehäuse bedarf, namentlich bei kleineren Maschinen, keiner eigenen Wasserkühlung, da der Strom frischer Luft, welcher dasselbe bei jedem Einströmhube durchzieht, genügend kühlt.

Das Mischventil ist je nach der Art und Regulierung der Maschine selbsttätig oder gesteuert; in diesem Falle erfolgt die Bewegung desselben gleichfalls von der Steuerwelle durch Kammscheiben und Hebel. Das Einlaßventil ist zumeist freiläufig.

222. Die Regelung des Gasverbrauches und Ganges der Maschine. Einer der wichtigsten Punkte im Baue der modernen mit Gemischladung arbeitenden Viertaktmaschine ist die Regelung des Gasverbrauches, der jeweiligen Maschinenleistung entsprechend.

Eine Maschine arbeitet mit ihrer Maximalleistung, wenn sie nach jedem Viertakt eine neue volle Ladung einnimmt; wächst die Geschwindigkeit der Maschine unter dieser Voraussetzung, dann kann der Regler hemmend einwirken, d. h. er kann verhindern, daß die Geschwindigkeit über ein gewisses Maß hinauswächst; nimmt die Geschwindigkeit jedoch infolge Überbelastung der Maschine unter die Normalgeschwindigkeit ab, dann kann der Regler nicht eingreifen, d. h. er kann den zu langsamen Gang der Maschine nicht beseitigen.

Arbeitet eine Gasmachine jedoch nicht mit dieser größten Leistung, dann kann der Regulator sowohl in dem einen wie in dem anderen Sinne regelnd eingreifen.

Bei den älteren Maschinen wurde zur Regelung des Ganges der Gaszufuß gedrosselt. Diese Methode hat den großen Nachteil, daß hierdurch das Mischungsverhältnis verändert, die Mischung somit ärmer wird, als sie der Zündungsfähigkeit wegen sein sollte; die Zündung wird bei abnehmender Leistung träge und hört schließlich ganz auf, sodaß dann unverbranntes Gas die Maschine verläßt. Der Gang der Maschine wird unregelmäßig, der Betrieb unökonomisch.

Otto und Langen wendeten daher bei ihrer atmosphärischen Maschine eine andere Reguliermethode an, indem sie zeitweilig den Austritt der Verbrennungsprodukte drosselten, also die Zeitdauer eines Kolbenfluges verlängerten. Nachdem diese Methode jedoch auf die Cylinder der Maschine nachteilig einwirkte, so wurde dieses Verfahren dahin abgeändert, daß durch den Regulator die Einleitung eines neuen Kolbenspieles für eine gewisse Zeit überhaupt verhindert, somit die Zahl der Kolbenflüge statt der Zeitdauer eines Hubes geändert wurde. Dieses Regulierverfahren wendete Otto später auch auf seine Viertaktmaschine an.

Die neueren Viertaktmaschinen lassen sich hinsichtlich der Regelung in drei Gruppen einteilen und zwar:

a) in Maschinen, welche stets mit voller Ladung, aber veränderlicher Anzahl der Ladungen, also mit sogenannten ausfallenden Ladungen arbeiten;

b) in Maschinen, bei welchen die Zahl der Ladungen der regelmäßigen Wiederkehr des Viertaktes entsprechend ungeändert bleibt, jedoch die Stärke, also das Mischungsverhältnis der Ladung, mit der Kraftäußerung der Maschine sich ändert, und

c) in Maschinen, welche bei ungeänderter Zahl der Ladungen nur mit teilweiser Füllung des Cylinders durch frisches Ladungsgemisch arbeiten.

Bei den Maschinen der ersten Gruppe erhält der Cylinder bei jeder neuen Ladung entweder genau so viel Gas, als zur Bildung einer richtigen Ladung erforderlich ist, oder gar kein Gas, indem das Gaseinlaßventil so lange geschlossen erhalten bleibt, bis die abnehmende Umlaufzahl der Maschine dessen Wiedereröffnung verlangt. Es fällt also eine Explosion aus und nimmt die Maschine während des Saughubes nur Luft ein.

Man kann aber auch die Luft absperren; dann entsteht während des Aussetzens eine teilweise Luftleere in der Maschine, oder es wird das Auslaßventil, selbstverständlich bei geschlossenem Gaseinlaßventil, der zu- oder abnehmenden Umlaufzahl der Maschine entsprechend, durch den Regulator derart beeinflußt, daß dasselbe entweder nach Vollendung des Ausströmhubes geöffnet oder geschlossen bleibt; im ersteren Falle wird während des Saughubes ein Gemisch aus Verbrennungsrückständen und Luft in den Cylinder gesaugt; im letzteren Falle werden die im Cylinder enthaltenen Verbrennungsprodukte komprimiert, um beim nächsten Kolbenhub zu expandieren.

In dieser letzteren Reguliermethode wollte man den Vorteil sehen, daß der Cylinder durch das Regeln nicht abgekühlt wird; sie besitzt jedoch den Nachteil, daß entweder alle Unreinigkeiten, welche bereits ausgestoßen waren, wieder in den Cylinder zurückgesaugt oder die auf den Laderaum konzentrierten Verbrennungsrückstände so lange im Cylinder hin und her geschleppt werden, bis ein neuer Saughub eingeleitet ist.

Unter den Methoden der Regelung durch ausfallende Ladungen ist die erstere, bei welcher bei geschlossenem Gaseinlaßventil nur reine Luft gesaugt und ausgestoßen wird, die gebräuchlichste; es wird hierdurch der Cylinder im Inneren allerdings abgekühlt, jedoch bei jedem Aussetzen von den Verbrennungsprodukten teilweise gereinigt. Diese Reguliermethode ist überhaupt heute noch die gebräuchlichste und empfiehlt sich überall dort, wo Sparsamkeit im Gasverbrauche in erster Linie in Betracht kommt.

Wo es jedoch auf höhere Regelmäßigkeit des Ganges der Maschine

ankommt, ist die Methode der Aussetzer nicht am Platze, da ein Arbeitsimpuls erst nach 8, 12, 16 etc. Hüben gegeben wird; für diese Fälle muß ein Steuermechanismus gewählt werden, welcher ein Aussetzen ausschließt, also nach jedem Viertakte einen Arbeitsimpuls einleitet.

Die konstruktive Durchführung der Regelung durch Aussetzer, wie sie von Otto bei seinen Maschinen angewendet wurde und auch heute noch in gleicher und ähnlicher Weise angewendet wird, ist aus den Figuren 255 und 256 ersichtlich.

Das als Regelventil dienende Gaseinlaßventil *a* öffnet sich nur dann, wenn der Knaggen *b* einer auf der Steuerwelle verschiebbaren Muffe *c* den einen Schenkel *f* des Winkelhebels *d-f*, dessen anderer Schenkel *d* sich gegen die Ventilspindel legt, anhebt. Dies erfolgt bei der größten Leistung der Maschine nach jedem Viertakte, und bei regelmäßigem Gange derselben in gleichmäßigen Intervallen von je 8, 12 etc. Hüben.

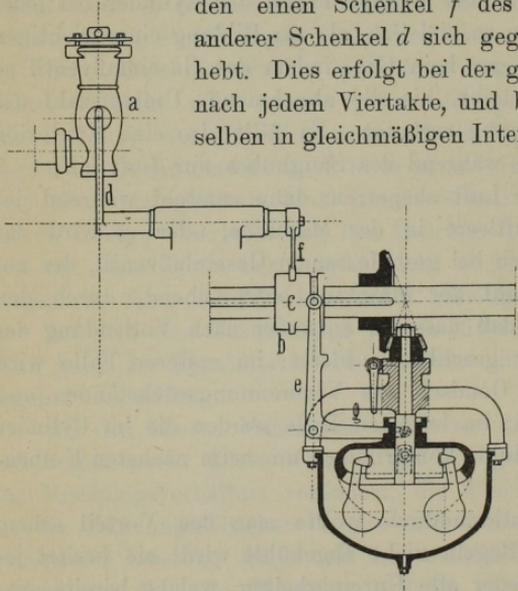


Fig. 255.

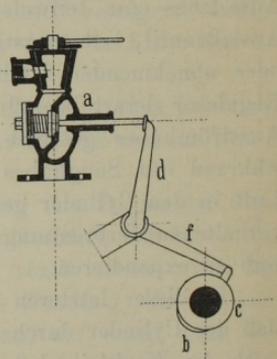


Fig. 256.

Geht die Maschine jedoch rascher, dann heben sich die Regulatorpendel und schieben durch Vermittlung des Winkelhebels *e* die Muffe soweit zur Seite, daß der Knaggen an dem Schenkel des Winkelhebels *f-d* vorbeigeht. So lange die Pendel in dieser Lage verbleiben, kann kein Gas in die Maschine gelangen.

Damit beim Stillstand der Maschine das Ventil nicht offen stehen bleibt, somit die Gaszuleitung sicher geschlossen ist, muß die Muffe bei tiefster Lage der Pendel so weit verschoben sein, daß die Knagge *b* nicht unter den Hebel *f* kommt. Um jedoch die Maschine anlassen zu können, wird vor Inbetriebsetzung derselben die kleine drehbare Stütze *g* hochgeschlagen und hierdurch die Muffe in die richtige Lage gerückt. Nach der ersten Explosion wird die Stütze frei und fällt von selbst ab.

Der auf der Knagge spielende Arm des Hebels fd wird so flach geformt, daß er seitlich federt, wodurch eine rasche Abnützung oder ein Bruch desselben vermieden wird, wenn die Knagge bei der Verschiebung der Muffe denselben seitlich fängt.

Kommt bei einer Anlage die Regelmäßigkeit des Ganges in erster Linie in Betracht, dann genügt das Regeln durch Aussetzer nicht und muß eine der Reguliermethoden Gruppe 2 und 3 angewendet werden.

Otto half sich durch Drosselung des Gases, indem er den Steuernocken abschrägte; damit jedoch bei geringer Belastung der Maschine die Mischung nicht so gasarm werde, daß überhaupt keine Entzündung mehr eintritt, machte er die Nocken so lang, daß eine bestimmte, knappste Gasfüllung nicht unterschritten werden konnte; wenn die Maschine mit noch geringerer Belastung oder leer lief, dann setzte sie einfach aus.

Diese Reguliermethode ist ihrem Wesen nach nur für solche Maschinen geeignet, deren Belastung keinen großen Schwankungen unterworfen ist, nachdem bei abnehmender Belastung der Gasverbrauch pro Leistungseinheit verhältnismäßig zunimmt.

Eine grundsätzlich neue Methode führten Gebrüder Körting bei ihren Gasmotoren ein, indem sie entweder den Eintritt der explosiblen Ladung bei zunehmender Geschwindigkeit der Maschine vor Ende des Hubes abschließen oder zwischen dem Mischventile und dem Einlaß- oder Rückschlagventile eine Drosselklappe einschalten, somit gedrosselte Ladung gleichbleibender Mischung in den Cylinder saugen. (Siehe Fig. 268 und 269, welche die Anordnung größerer Maschinen von Körting darstellt.) Die Ladung dehnt sich in beiden Fällen bis unter die Spannung der Außenluft aus und wird beim Rückhube wieder verdichtet.

Bei dieser Reguliermethode, welche im Prinzip die vollkommenste ist, in der Praxis jedoch nicht immer richtig angewandt wird, sind die Einlaßöffnungen von Haus aus so bemessen, daß sie eine Gasmischung von bestimmter Zusammensetzung einlassen; es wird somit nicht die Zusammensetzung der Mischung, sondern gleichsam das Admissionsvolumen geregelt. Die Ladung ergibt daher stets die größtmögliche Leistung, entsprechend der von der Maschine zu verrichtenden Arbeit. Durch diese Methode wird daher die Verdichtungsspannung geregelt, wie aus den nachstehenden Diagrammen einer Körting-Maschine Fig. 257 bis 260 (S. 664) zu ersehen ist.

Die Zündungen setzen mithin nicht aus und die Regelmäßigkeit des Ganges der Maschine kann nicht ungünstig beeinflusst werden. Diese Art der Regelung ermöglicht in Gemeinschaft mit einem schweren Schwungrade elektrische Lampen ohne Zuhilfenahme von Akkumulatoren von der Maschine aus zu speisen und dennoch ein vorzüglich gleichmäßiges Licht zu erzielen.

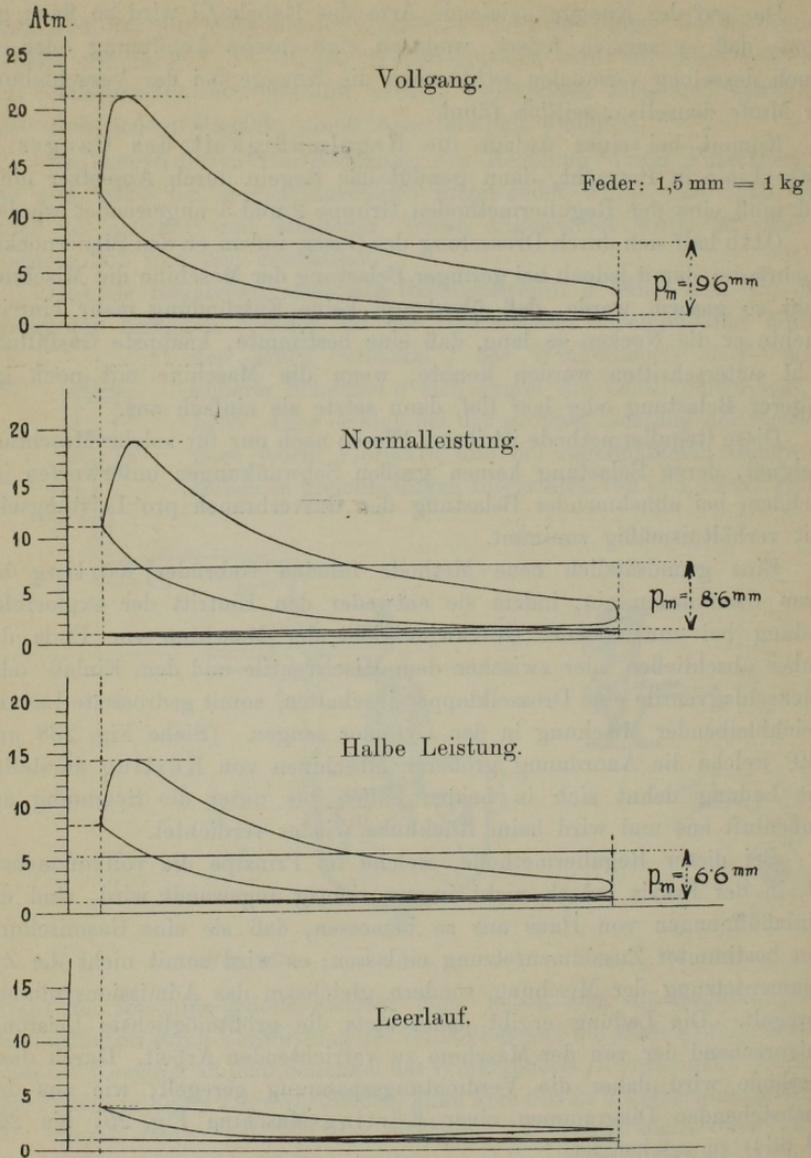


Fig. 257—260.

Da eine Maschine im allgemeinen um so sparsamer arbeitet, je stärker die Verdichtung ist, so hat man auch diese Regelung nicht umsonst, doch bedeutet sie einen erheblichen Fortschritt.

Die vorstehenden Diagramme sind von einer Maschine von 325 mm Cylinderdurchmesser bei 570 mm Hub, deren Nennleistung 35 PS beträgt, abgenommen. Die Maschine leistete während der Abnahmeversuche bei Vollgang (größte Belastung) 40,3, bei normaler Belastung (Nennleistung), 35,2, bei halber Belastung 20,5 PS. Die Umlaufzahl betrug 170 beziehungsweise 173 pro Minute (3,23 m pro Sekunde Kolbengeschwindigkeit).

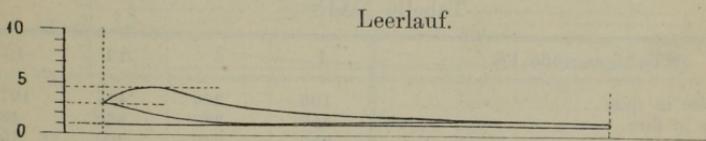
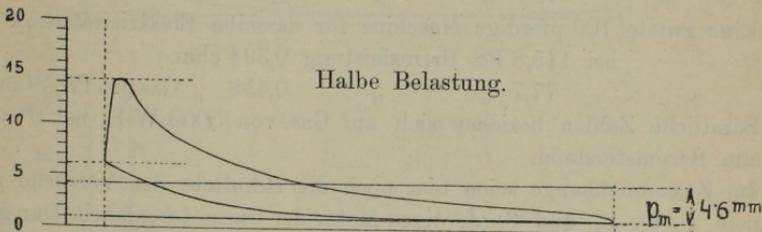
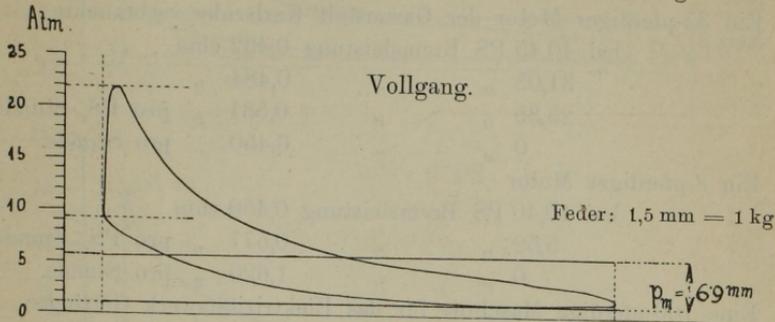


Fig. 261—263.

keit). Die Maschine wurde mit städtischem Leuchtgas von im Mittel 5000 W.E. pro cbm gespeist; die Gastemperatur betrug 17°C bei einem Luftdrucke von 765 mm. Die Maschine verbrauchte bei Vollgang 440, bei der Nennleistung 450, bei halber Belastung 585 l Gas pro PS_c-Stunde. Der Leerganggasverbrauch betrug 6 cbm pro Stunde.

Die Diagramme einer anderen Versuchsreihe sind durch die Figuren 261 bis 263 dargestellt.

Die Maschine von 350 mm Cylinderdurchmesser bei 620 mm Hub,

der normalen Leistung von 40 PS, arbeitete mit Generatorgas und ergab bei Vollbelastung 45, bei normaler Belastung 40 und bei halber Belastung 24 PS an der Bremse.

Die durch die Art der Regelung hervorgerufene Änderung der Verdichtung ist aus den Diagrammen klar ersichtlich und bedarf keiner weiteren Erörterung.

Ein 35-pferdiger Motor der Gasanstalt Karlsruhe verbrauchte

bei 40,45 PS Bremsleistung	0,432 cbm	
31,05 „ „	0,484 „	
25,35 „ „	0,531 „	pro PS _e -Stunde
0 „ „	6,450 „	pro Stunde.

Ein 8-pferdiger Motor

bei 10,40 PS Bremsleistung	0,450 cbm	
5,52 „ „	0,577 „	pro PS _e -Stunde
0 „ „	1,620 „	pro Stunde.

Eine 100-pferdige Maschine für das Elektrizitätswerk Göttingen

bei 116,8 PS Bremsleistung	0,428 cbm	
78 „ „	0,497 „	

Eine zweite 100-pferdige Maschine für dasselbe Elektrizitätswerk

bei 115,8 PS Bremsleistung	0,394 cbm	
77,7 „ „	0,458 „	Gas pro PS _e -Stunde.

Sämtliche Zahlen beziehen sich auf Gas von 5000 W.E. bei 0° und 760 mm Barometerstand.

Im Zusammenhange seien hier noch die Resultate der Versuche mit je einem 1-, 6-, 12- und 40-pferdigen Motor der Gasmotorenfabrik Langen & Wolf in Wien veröffentlicht.

Tabelle XXIX.

Maschinengröße PS	1	6	12	40
Kolbenfläche in qcm	105	260	417	1075
Kolbenhub in mm	150	260	330	480
Umdrehungen pro Min.	250	240	200	190
Mittlerer Druck in Atm.	4,0	5,0	5,7	5,7
Indizierte Leistung PS (maximal)	1,75	9,01	17,4	62,0
Bremsleistung PS (maximal)	1,40	7,23	14,0	50,0
Mechanischer Wirkungsgrad %	80,0	80,0	80,4	80,6
Gasverbrauch in l pro effect. PS-Stunde ..	665	572	549	528
pro indic. PS-Stunde ..	532	459	442	425
Benzinverbrauch in kg pro effect. PS-Stunde	0,40	0,35	0,33	0,30
pro indic. PS-Stunde	0,320	0,288	0,265	0,242
Kalorischer Wirkungsgrad % bei Gasbetrieb	19,0	22,0	22,9	23,8
bei Benzinbetrieb	15,7	18,0	19,1	21,0

Die Gasverbrauchsfiguren rühren von denselben Maschinen her, von welchen die nachstehenden Diagramme Fig. 264—267 abgenommen wurden.

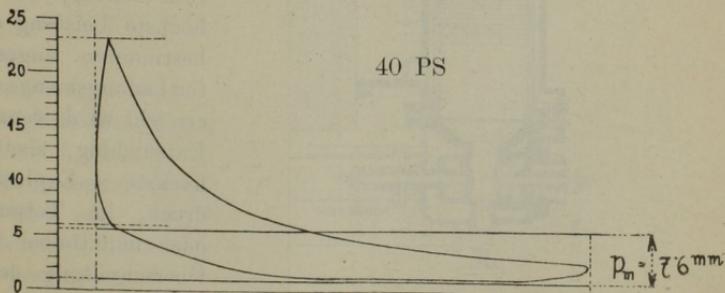
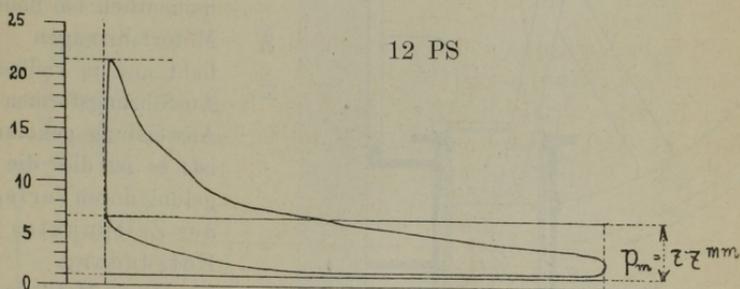
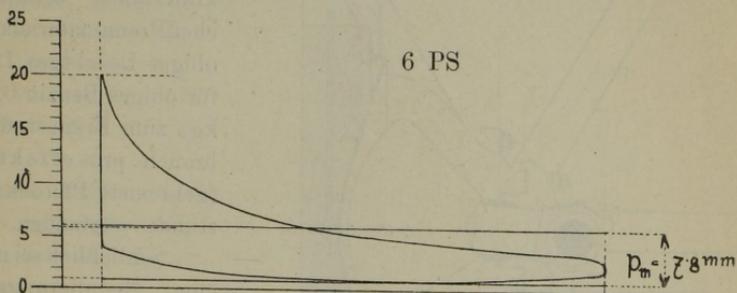
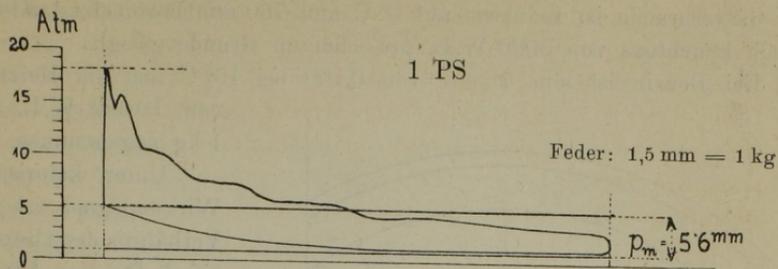


Fig. 264—267.

Der Gasverbrauch ist reduziert auf 0°C und 760 mm Barometerstand und wurde Leuchtgas von 5000 W.E. pro cbm zu Grunde gelegt.

Bei Benzin ist eine Dichte von 0,700 bei 15°C und ein Heizwert von 10 000 W.E. per 1 kg angenommen.

Unter kalorischer Wirkungsgrad ist das Verhältnis des theoretisch für eine Pferdekraftstunde erforderlichen Brennstoffmaterials (für obiges Leuchtgas 126 l, für obiges Benzin 0,063 kg) zum Brennstoffverbrauch pro effektive (gebremste) Pferdekraftstunde verstanden.

Schließlich sei noch eine Regulierungsmethode erwähnt, welche namentlich bei neueren Motorfahrzeugen beliebt und in vielfachen Ausführungsformen zur Anwendung gekommen ist; es ist dies die Regelung durch Verlegen des Zeitpunktes der Entzündung.

Diese Methode beruht darauf, daß die höchste Leistung einer bestimmten angesaugten Ladungsmenge dann erreicht wird, wenn die Entzündung, also der höchste Explosionsdruck, im Totpunkte oder unmittelbar nach Überschreitung desselben stattfindet, bei

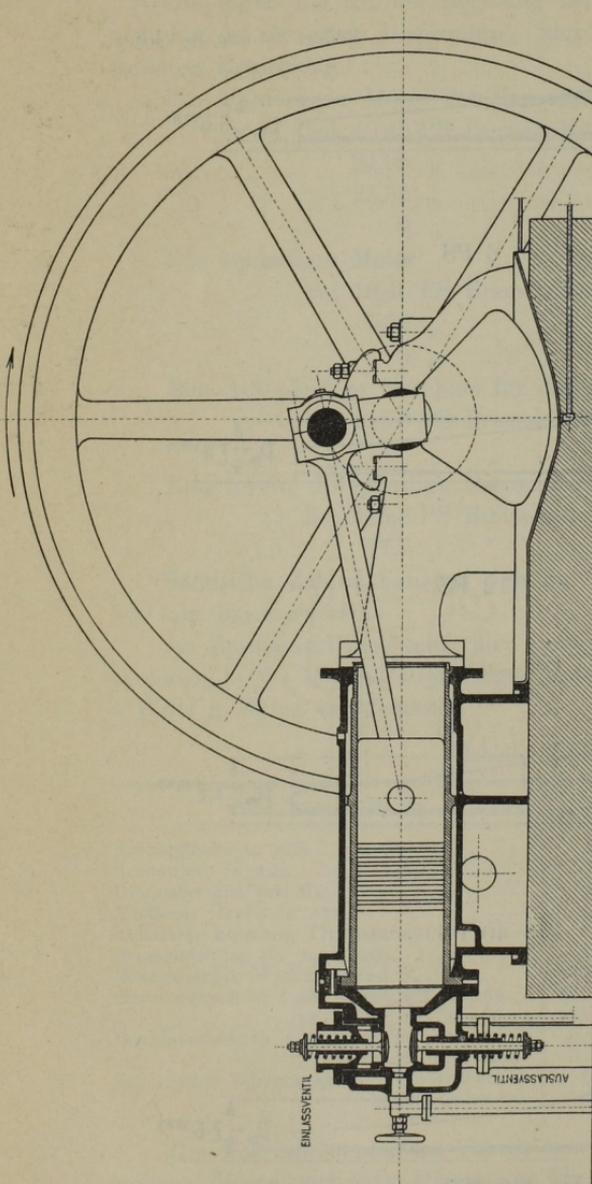


Fig. 268.

verspäteter Zündung die Leistung jedoch im Verhältnisse zu der Verzögerung abnimmt. Der frühere oder spätere Eintritt der Entzündung kann durch Verstellung des die Zündung bewirkenden Hebels oder Dau- mens eingeleitet werden.

Diese Methode der Regelung ist allerdings sehr einfach, vom Stand- punkte der Wärmeausnützung jedoch höchst unvollkommen und daher ver- werflich, nachdem das Arbeitsvermögen der angesaugten Ladung, wenn die Zündung verspätet, also erst dann erfolgt, wenn sich das Volumen wieder vergrößert, Verdichtungsdruck und Temperatur somit wieder ab- genommen haben, nicht vollkommen ausgenützt wird.

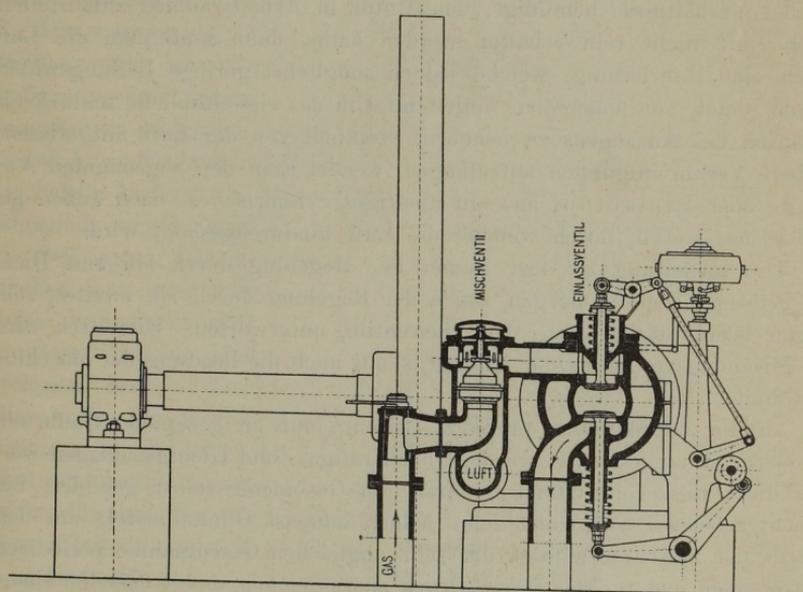


Fig. 269.

Die zur Verwendung kommenden Regler sind entweder konische Pendelregler, Achsregler oder Regler, bei welchen die Trägheit schwingender, also abwechselnd bewegter, statt stetig rotieren- der Pendel ausgenützt wird; diese Regler werden jedoch ausschließlich nur für Aussetzerregelung bei kleineren liegenden oder stehenden Maschinen verwendet und sind dort sehr beliebt. Wenn die Geschwindigkeit der Maschine einen gewissen Grenzwert überschreitet, nimmt die Beschleunigung der schwingenden Pendelmasse so weit zu, daß dieselbe um eine geänderte Mittellage schwingt; diese Verstellung wird in verschiedener Weise zur

Betätigung oder Nichtbetätigung des Regulierorganes (Gasventil oder Ausströmventil) ausgenützt*).

223. Die Gemischbildung und Reinigung des Cylinders von den Verbrennungsrückständen. Die Bildung des Gemisches erfolgt stets in einem besonderen Raume, dessen Form und Lage bei den einzelnen Gasmaschinensystemen verschieden sein kann und vielfach auch verschieden ist; in diesen Raum münden die Zuleitungen für Luft und Gas. Die Luftleitung ist meistens in direkter Verbindung mit der äußeren Luft und durch ein selbsttätiges Ventil abgeschlossen. Die Luft soll möglichst rein, also frei von fremden Beimengungen sein. Ist man daher durch die lokalen Verhältnisse bemüßigt, den Motor in Arbeitsräumen aufzustellen, deren Luft nicht rein erhalten werden kann, dann muß man die Luft durch eine Rohrleitung, welche jedoch möglichst geringe Leitungswiderstände bietet, von anderwärts einleiten. Um das eigentümliche schlürfende Geräusch des Ansaugens zu beheben, eventuell von der Luft mitgerissene gröbere Verunreinigungen aufzufangen, wendet man den sogenannten Ansaug- oder Einlaßtopf an, ein niedriges cylindrisches, nach außen geschlossenes Gefäß, durch welches die Luft hindurchgesaugt wird.

Die Gasleitung ist fast immer der Regelung durch ein von Hand aus betätigtes Abschlußorgan, sowie der Regelung durch ein zweites, vom Regler beeinflusstes Organ, dem Gasventile, unterworfen. Hierdurch wird das Mischungsverhältnis der Ladung, somit auch die Leistung der Maschine bestimmt.

In die zur Maschine führende Leitung muß an geeigneter Stelle ein Gasreservoir eingeschaltet werden; bei Kraftgas- und Gichtgasanlagen werden diese Reservoirs zumeist durch die Gasometer selbst gebildet; bei Leuchtgasbetrieb verwendet man jedoch zumeist Gummibeutel, um den seitens der Maschine zufolge der sehr ungleichen Gasentnahme periodisch auftretenden und veränderlichen Druck auszugleichen, damit derselbe einerseits ohne Wirkung auf die Hauptgasleitung, andererseits ohne nachteiligen Einfluß auf die Bildung eines gleichmäßigen Gemisches bleibt. Genügt ein Gummibeutel nicht, dann sind zwei oder mehrere oder ein sogenannter Gasdruckregulator einzuschalten.

Bei den mit verdichteter Ladung arbeitenden Maschinen bildet der Cylinder selbst den Laderaum. Das Eindringen des Gemisches in den Mischraum und hierauf des Gemisches in den Cylinder kann entweder durch Ansaugen oder durch Drücken bewirkt werden. Im ersteren, weitaus

*) Einige solcher Regleranordnungen siehe: Schüttler, *Die Gasmaschine*, sowie Musil, *Die Motoren für Gewerbe und Industrie*.