

## D. Die bauliche Gesamtanordnung der Verpuffungsmaschinen.

Nachdem vorstehend die wesentlichen Einzelheiten der Verbrennungsmaschinen, besonders der Verpuffungsmaschinen, besprochen sind, soll nunmehr einiges über den Gesamtaufbau gesagt werden. Bei der Fülle der von den führenden Firmen auf den Markt gebrachten Ausführungsformen und bei dem geringen zur Verfügung stehenden Raum kann an dieser Stelle nur je ein Beispiel für die Hauptarten und Hauptverwendungszwecke gegeben werden.

### I. Die Viertaktmaschinen.

#### 1. Ortfeste Maschinen.

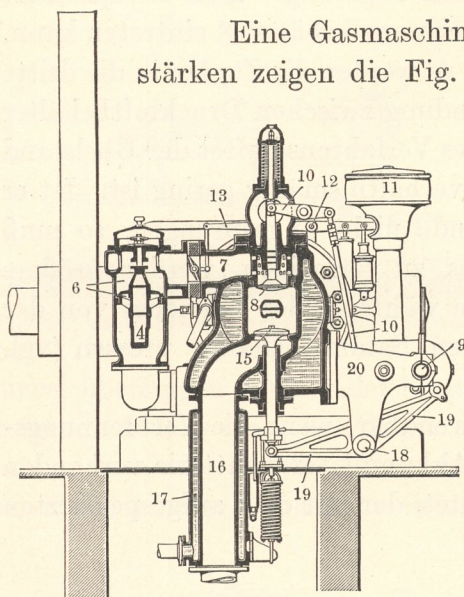


Fig. 250. Querschnitt der Fig. 251.

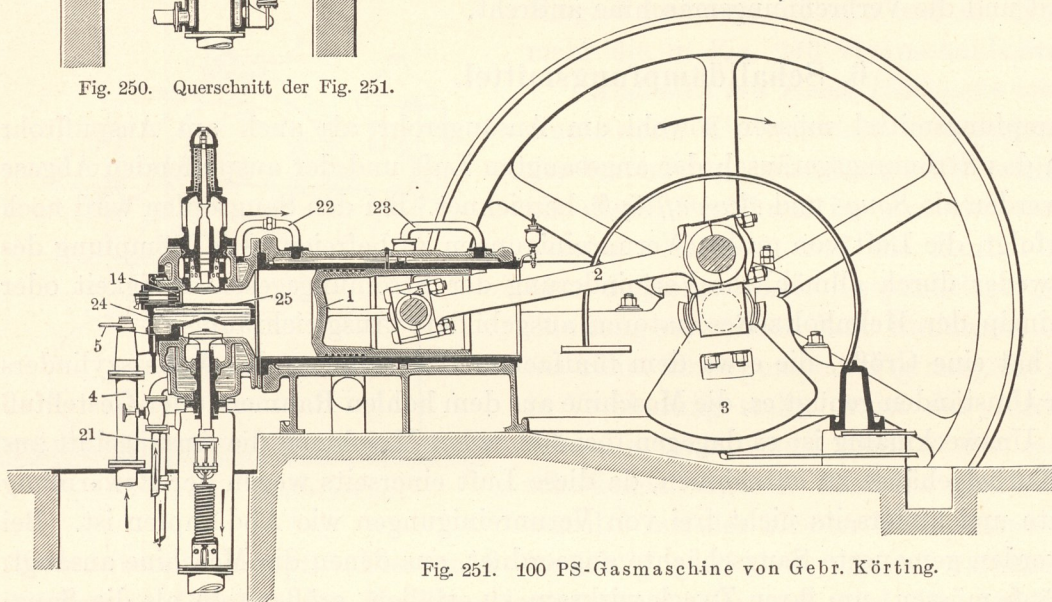


Fig. 251. 100 PS-Gasmaschine von Gebr. Körting.

Das Gas wird durch die Rohrleitung 4, in die der Hahn 5 eingeschaltet ist, zugeführt, während die Luft durch den an den Rahmenfuß angeschlossenen Rohr- ansatz zuströmt. Der Eintritt der Luft in den Hohlraum des Rahmens erfolgt durch Löcher, die zweckmäßig auf der dem Schwungrad abgewendeten Seite des Rahmens vorgesehen sind, um nach Möglichkeit dem durch das Schwungrad aufgewirbelten Staube den Zutritt in den Rahmen zu versperren. Beim Durchtritt durch das Mischventil 6 mischen sich Gas und Luft in einem bestimmten Verhältnis, das ständig gleich bleibt, wie weit sich auch der Ventilteller öffnet. Macht die Verwendung eines neuen Betriebsmittels von anderem Heizwert eine Änderung des Mischungsverhältnisses notwendig, so wird dem durch Einsetzen eines neuen Ventiltellers mit anderen Querschnittsöffnungen für den Durchtritt des Gases Rechnung getragen. Durch den Kanal 7 gelangt das Gemisch zu dem federbelasteten Ventil 8, das von einem auf der Steuerwelle 9 sitzenden Daumen unter Vermittlung des Gestänges 10 angetrieben wird. Die Regulierung ist eine Quantitätsregulierung. Durch Verstellen einer in den Kanal 7 zwischen Einlaß- und

Verdichtungsraum bildenden Teil des Zylinders, dem Zylinderkopf, sind die verschiedenen Ventile sowie die Zündvorrichtung untergebracht. Das Gas wird durch die Rohrleitung 4, in die der Hahn 5 eingeschaltet ist, zugeführt, während die Luft durch den an den Rahmenfuß angeschlossenen Rohr-



Mischventil eingeschalteten Drosselklappe wird die Menge des zuströmenden Gemisches geregelt. Durch diese Art der Regulierung sollen selbst plötzliche Ent- und Belastungen nahezu spurlos an der Maschine vorübergehen. Ein großer Vorteil ist ferner, daß der Gasverbrauch auch bei geringen Leistungen ein verhältnismäßig günstiger ist. Der Antrieb der Drosselklappe erfolgt vom Regulator 11 aus durch den um den festen Punkt 12 schwingenden Doppelhebel 13. Ferner ist am Regulator, der von der Steuerwelle aus unter Vermittlung von Schraubenrädern angetrieben wird, noch eine Einrichtung zu einer wenn auch geringen Erhöhung der Umdrehungszahl vorgesehen. Die Zündung erfolgt bei 14 auf elektrischem Wege durch aus der Zeichnung nicht ersichtliche Magnetinduktoren. Den Verbrennungseigenschaften der verschiedenartigen Brennstoffe entsprechend kann der Zeitpunkt der Zündung während des Ganges der Maschine verstellt werden. Nachdem die Verbrennungsgase im Zylinder Arbeit geleistet haben, gelangen sie durch das Auspuffventil 15

in die Abgasleitung 16, deren erster Teil mit einem Wassermantel 17 versehen ist, um die heißen Gase vor dem Eintritt in den Auspufftopf abzukühlen. Die Steuerung des Auspuffventils erfolgt ebenfalls durch einen auf der Steuerwelle 9 sitzenden Daumen unter Vermittlung des an der Ventilspindel angreifenden, um den festen Zapfen 18 schwingenden Doppelhebels 19. Dieser sowie der aus der Zeichnung nicht ersichtliche Doppelhebel zum Antriebe des Einlaßventils und die Steuerwelle selbst sind in einem mit dem Zylinderkopf fest verschraubten Bock 20 gelagert. Das zur Kühlung nötige Wasser

wird dem unteren Teil des Zylinderkopfes durch die Leitung 21 zugeführt und durch die Überströmleitung 22 in den Zylindermantel weitergeleitet, den es durch die Leitung 23 verläßt. Die Stirnwand des Zylinderkopfes ist durch einen Deckel 24 verschlossen, von dem aus sich eine wassergekühlte Zwischenwand 25 in den Verdichtungsraum hinein erstreckt, die durch ein eingelegtes Führungsblech unterteilt ist. Zweck dieser Zwischenwand ist mögliche Abkühlung der Ladung bei der Verdichtung. Zur Erleichterung des Inbetriebsetzens der Maschine wird, was aus der Zeichnung nicht ersichtlich ist, beim Anlassen die Nockenscheibe für den Auslaßventilhebel verschoben, so daß das Auslaßventil während der Kompressionsperiode geöffnet bleibt, wodurch eine hohe Kompression beim Andrehen der Maschine vermieden wird und kleine Maschinen bis zu etwa 16 PS mit der Hand angedreht werden können. Größere Maschinen werden mit Druckluft angelassen, wobei es sich empfiehlt, bei Maschinenstärken über 40 PS nicht das Auslaufen der Maschine zur Druckluftherzeugung zu benutzen, sondern eine besondere Luftpumpe dafür anzuordnen.

Allgemein ist hinsichtlich des Aufbaues der Maschine noch darauf aufmerksam zu machen, daß der breit und kräftig gehaltene, mit zwei Kurbelwellenlagern ausgerüstete Rahmen den Zylinder fast vollständig unterstützt. Rings um den Rahmenfuß laufen Rinnen zur Aufnahme des Schmieröls.

Das Schaubild einer derartigen Maschine für kleinere Leistungen von 6—50 PS zeigt

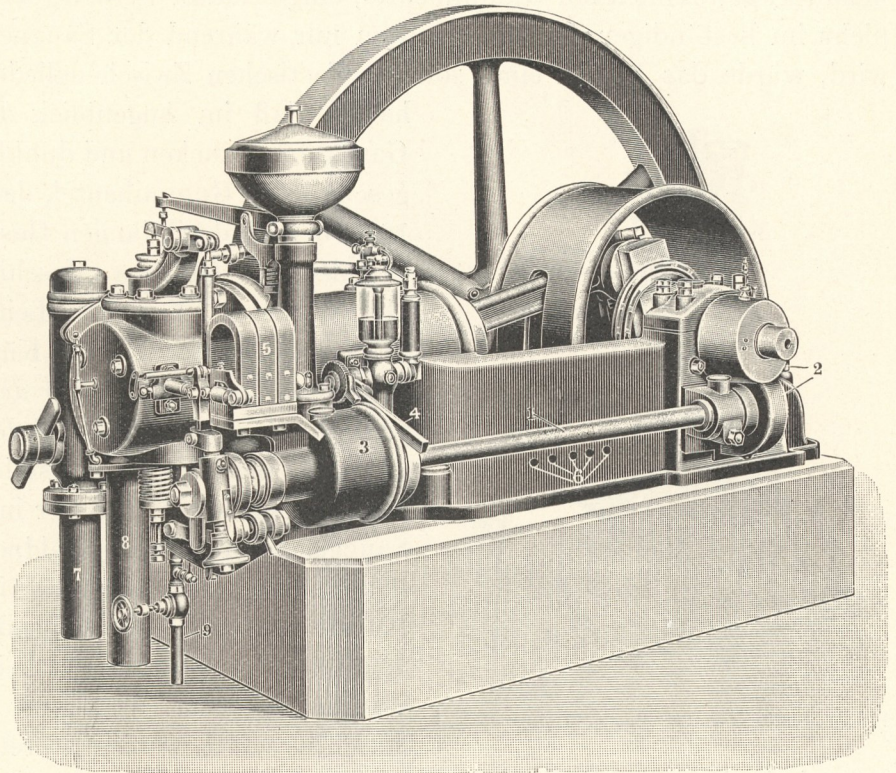


Fig. 252. 6—50 PS-Gasmaschine von Gebr. Körting.



Fig. 252. Vorn, parallel dem Rahmen, verläuft die Steuerwelle 1, die ihren Antrieb von der Kurbelwelle aus durch bei 2 eingekapselte, in einem Ölbad laufende Schraubenräder erhält. Bei 3 ist die Steuerwelle nochmals gelagert und außerdem der Antrieb für den Regulator eingebaut. Hebel 4 wird von einer auf der Steuerwelle sitzenden Daumenscheibe, gegen die er gepreßt wird, in schwingende Bewegung versetzt und überträgt diese auf eine Ölpumpe, die das Schmieröl in den Raum zwischen Kolben und Zylinderwandung preßt. Auf der anderen Seite des Teiles 3 sitzen nebeneinander die Nocken für die Steuerung des Eintritts- und Austrittsventils sowie der einstellbare Antrieb für die Zündvorrichtung, deren magnetelektrischer Apparat 5 darüber angeordnet ist. Unter der Steuerwelle befinden sich in der Rahmenwandung Löcher 6, durch welche die zur Gemischbildung gebrauchte Luft angesaugt wird. Das hierzu erforderliche Gas strömt durch die Leitung 7 zu. Ist diese von einer Beleuchtungsleitung abgezweigt, so muß ein elastischer Vorratsbehälter, gewöhnlich ein Gummibeutel, eingeschaltet werden; denn da das Gas aus der Leitung 7 nicht im beständigen Strome, sondern nur während der Saugperiode der Maschine entnommen wird, würde das Fehlen eines solchen elastischen Zwischengliedes in der Saugleitung zur Folge

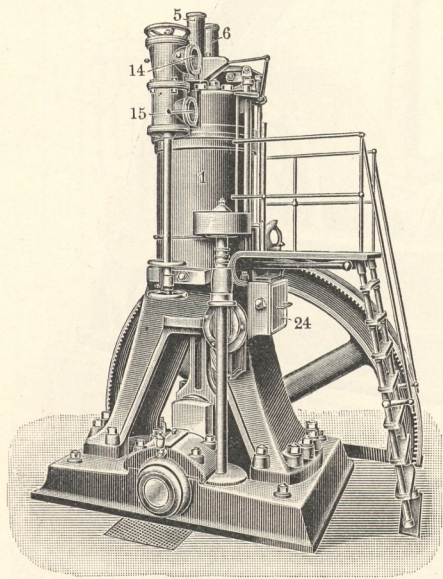


Fig. 253. Güldner Motor von 125 PS (Schaubild).

haben, daß im Augenblick des Beginnes dieser Periode die Gasflammen zucken und dunkler brennen. Durch den zwischengeschalteten Gummibeutel, der im aufgeblähten Zustand etwa 10—15 Zylinderfüllungen Gas enthält, wird dieser Übelstand vermieden. Größere Maschinen erfordern häufig mehrere Gummibeutel. Von den Leitungen 8 und 9 ist erstere für die Abgase, letztere für das Kühlwasser bestimmt. *Die näheren baulichen Einzelheiten einer derartigen Maschine sind aus dem zusammenklappbaren Modell der Gasmaschine ersichtlich.*

Als Beispiel einer stehenden ortfesten Viertakt-Verbrennungsmaschine sei der in den Fig. 253—255 dargestellte Sauggasmotor Bauart Güldner der Güldner-Motoren-Gesellschaft in Aschaffenburg beschrieben. Die Vorteile der stehenden Bauart gegenüber der liegenden sind hier dieselben wie bei den Dampfmaschinen, nämlich gute Standfestigkeit bei vollständig zentraler Aufnahme der Kolbendrucke durch die Maschine selbst, weniger störende Maschinenwirkungen, kleiner Raumbedarf und einfaches Fundament, kein Unrundlaufen der Zylinderbohrung infolge des Kolbengewichtes usw. Das A-förmig ausgebildete Gestell (s. Fig. 253) läuft oben in einen zylindrischen Teil 1 aus, der gleichzeitig den äußeren Mantel des Zylinderkühlraumes bildet. In diesen Teil ist die aus hartem Gußeisen bestehende Laufbüchse 2 eingesetzt, und zwar oben fest, unten dagegen beweglich, damit sich die infolge der Erwärmung auftretende Längenausdehnung ungezwungen vollziehen kann. Die Abdichtung der Laufbüchse gegen das Gestell erfolgt durch einen eingesetzten Kupferring 3. In den Zylinderdeckel sind neben der Zündvorrichtung 4 das Einlaßventil 5, das Auspuffventil 6 und das aus der Zeichnung nicht ersichtliche, handgesteuerte Anlaßventil eingebaut. Der Antrieb der Ventile erfolgt durch Nocken einer in der halben Höhe der Maschine, parallel der Kurbelwelle, verlaufenden Steuerwelle (Mittellinie bei 7 angedeutet), die ihre Bewegung durch ein in ein Gehäuse 8 eingeschlossenes Kegelergetriebe von der Regulatorschraube 9 aus erhält. Diese wieder wird von der Kurbelwelle mittels Schraubenräder angetrieben, von denen das eine 10 mitten in dem einen Kurbelwellenlager (vgl. hierzu auch das Klappmodell des Dieselmotors) vorgesehen ist. Von den Steuernocken aus wird die Bewegung durch die Lenkerstangen 11, 12 zu den Ventilen weitergeleitet. Die doppelt geführte Spindel des Einlaßventils trägt außerdem noch den Mischventilteller 13. Die Zuleitung des Gases erfolgt durch den Kanal 14, während die Luft durch den Kanal 15 zugeführt wird und die Regelung der Zuflußmengen von Hand durch die Schieber 16, 17 geschieht. Die Geschwindigkeitsregelung besorgt ein kräftiger Federregulator durch Veränderung der wirksamen



Hubhöhe des Einlaß- und Mischventilkegels. Zu diesem Zwecke wird, im Prinzip wie bei der oben näher erläuterten Regelung der Firma Gasmotorenfabrik Deutz (Fig. 225 und 226), vom Regulator durch die Stangen 18, 19 der Schwingungspunkt des die Stange 11 mit der Ventilspindel verbindenden Einlaßventilhebels verschoben. 20 ist der magnetelektrische Zündapparat (System Bosch) und 21 das zur Abreißvorrichtung führende Gestänge. Die Zündvorrichtung ist so eingerichtet, daß während des Betriebes ein Verstellen des Zündpunktes ohne Verkleinerung der Ankerschwingung vorgenommen werden kann. Die Lage des die Entzündung herbeiführenden Funkens genau in der Mitte des Verdichtungsraumes bewirkt eine schnelle und kräftige Entflammung der Ladung von ihrem Kernpunkt aus. Bezüglich der Kühlung ist hervorzuheben, daß nicht nur Zylindermantel und Zylinderkopf, sondern auch das Auspuffventil und der erste Teil der Auspuffleitung ge-

kühlt werden. 22 ist ein Drosselventil zur Regelung des Kühlwasserdurchflusses. Die zum Anlassen erforderliche Druckluft von etwa 12 bis 15 at Spannung wird der Maschine durch Rohr 23 zugeführt. Für die Schmierung ist ein großer Zentralschmierapparat 24 vorgesehen, von dem das Öl den Zylinderwandungen, Kolben und Kolbenbolzen durch eigene Druckpumpen zugepreßt wird. Auch für die Pleuellager ist eine zwangläufige Ölzuführung eingerichtet, während die Pleuellager mit besonderen Schmiergefäßen ausgerüstet sind. Pleuellager und Pleuellager sind dicht eingekapselt und laufen in einem Ölbad.

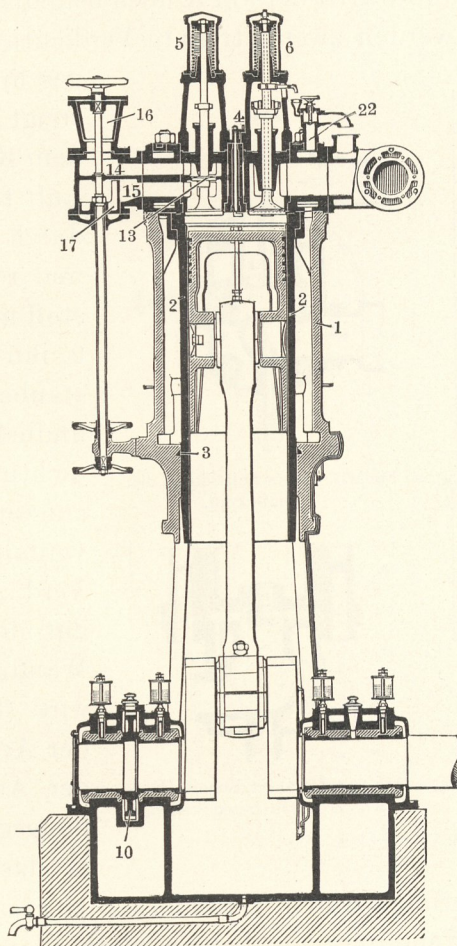


Fig. 254.

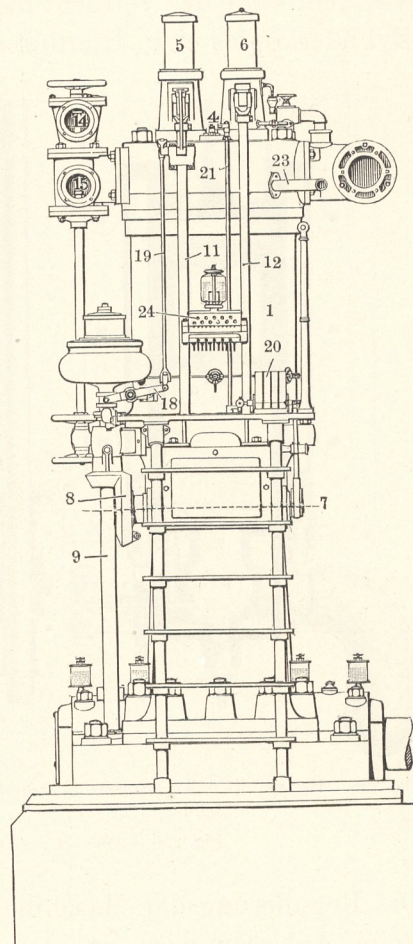


Fig. 255.

Fig. 254 und 255. Güldner Motor von 125 PS (Schnitt und Ansicht).

Die Güldner Gaskraftmaschinen sind vornehmlich für den Betrieb mit billigen Kraftgasen geeignet und werden daher meistens mit besonderen Sauggasanlagen geliefert. Mit verschiedenen Brennstoffen angestellte Versuche ergaben als Mittelwerte:

	Brennmaterial	
	Anthrazit	Gaskoks
Heizwert für 1 kg . . . . .	7676	6921 WE
Ununterbrochene Versuchsdauer . . . . .	ca. 11	11½ Std.
Leistung durchschnittlich . . . . .	104,4	101,7 PS
Umlaufzahl durchschnittlich . . . . .	158,8	155,5 i. d. Min.
<i>Brennstoffverbrauch für eine effektive PS-Stunde:</i>		
a) Brutto einschließlich Anheizen vom kalten Generator aus . . . . .	305	415 g
b) Netto nach Abzug der vertragsgemäßen 10 Proz. für Anheizen usw. . . . .	275	373 g
c) Zwischenmessung von vollem zu vollem Generator . . . . .	320	336 g

Vorstehend beschriebene Maschinen benutzen als Betriebsstoff ein Gasluftgemisch. Bei den mit flüssigen Brennstoffen betriebenen, bei denen der Brennstoff vor dem Eintritt in den



Arbeitszylinder verdampft und mit Luft gemischt wird, liegen die Verhältnisse ähnlich, nur kann hier — genau genommen — nicht von einem Gas-, sondern muß von einem Dampf-Luftgemisch gesprochen werden. An der Arbeitsweise der Maschine ändert dies nichts. Eine Ausnahme hiervon macht der hauptsächlich für schwere Öle bestimmte *Haselwander-Motor* (Fig. 256—258), bei dem die Verdampfung des Brennstoffes und seine Mischung mit der Luft im Arbeitszylinder stattfinden. Ein weiterer Unterschied dieses Motors gegenüber den früher beschriebenen besteht darin, daß er einer besonderen Zündvorrichtung nur für die Zeit des Anlassens bedarf. Beim Kolbenvorlauf wird durch das selbsttätige Einlaßventil 1 Verbrennungsluft angesaugt. Gegen Ende des Saughubes öffnet sich zwangsläufig das Brennstoffventil 2, und es gelangt (von einem hochstehenden Vorratsgefäß) durch die Leitung 3 Brennstoff in den Raum 4 vor der Düse 5, wo er einstweilen verbleibt. Vor dem Ende des Verdichtungshubes tritt der am Kolben befindliche Ansatz 6 in die Öffnung 7 des Zylinderkopfes ein. Hierdurch werden zwei getrennte Verdichtungsräume gebildet. In dem abgeschnittenen Ringraum 8 (Fig. 258) steigt die Verdichtung höher als in dem Raum 9. Die höher komprimierte Luft tritt mit großer Geschwindigkeit durch den Kanal 10 in den Raum 4 und reißt den dort lagernden Brennstoff mit nach dem Verbrennungsraum 9, ihn hierbei durch die Düse 5 zerstäubend. Die in der Kammer 9 befindliche Luft wird durch die Verdichtung so hoch erhitzt, daß der eingespritzte Brennstoff augenblicklich verdampft und die Ladung durch die Verdichtungswärme in Verbindung mit der Abhitze der umschließenden Wandungen im Totpunkt entzündet wird (Selbstzündung). Es folgt nun der Arbeits- (Expansions-) und dann der Auspuffhub, wobei die Verbrennungsgase durch das Auslaßventil 11 in das Auspuffrohr 12 entweichen.

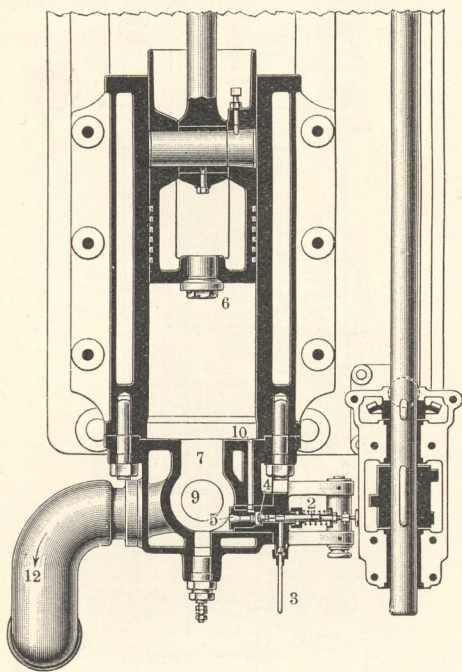


Fig. 256. Horizontalschnitt (Kolben in vorderster Stellung).

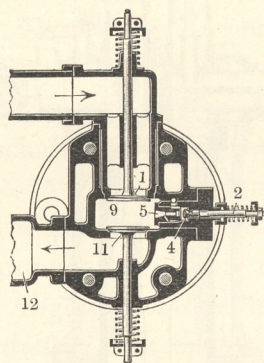


Fig. 257. Querschnitt durch den Zylinderkopf.

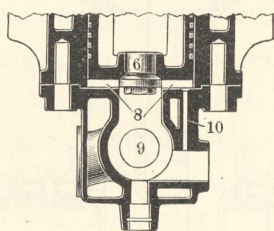


Fig. 258. Horizontalschnitt (Kolben nahe der hintersten Stellung).

Fig. 256—258. Haselwander-Motor.

Die Regulierung der Maschine erfolgt durch Veränderung der eingespritzten Brennstoffmenge. Beim Anlassen wird unter Verwendung von Benzin statt Petroleum zunächst elektrisch gezündet, da bei kalter Maschine die Verdichtungstemperatur nicht genügend hoch ist. Sobald die Maschine hinreichend warm ist, wird von Benzin auf Petroleum umgeschaltet und der elektrische Zünder außer Tätigkeit gesetzt.

Mit dem Dieselmotor (s. Gleichdruckmaschine, S. 139) hat die Maschine von Haselwander die Einblasung des Brennstoffes in die hoch verdichtete Verbrennungsluft und die Selbstzündung gemeinsam. Hinsichtlich des Brennstoffverbrauches steht sie unter den mit flüssigen Brennstoffen arbeitenden Maschinen mit Verpuffung infolge der hohen (bis zu 20 at) ohne Gefahr der Vorzündung erfolgenden Verdichtung mit an erster Stelle.

**Großgasmaschinen.** Im ersten Augenblick mag es befremdlich erscheinen, daß bei den Gasmaschinen anders wie bei den Dampfmaschinen die für große Leistungen bestimmten besonders behandelt werden sollen. Abgesehen davon, daß die Gasmaschine ursprünglich für das Kleingewerbe gedacht war, ist die Ursache hierfür in den wesentlich anderen Betriebsverhältnissen zu suchen. Bei der Dampfmaschine wirkt während zweier Umdrehungen der Kurbelwelle der Dampf viermal auf den Kolben treibend; bei der Gasmaschine vollführt der Kolben in der gleichen Zeit nur einmal einen Krafthub. Wenn auch bei letzterer der mittlere Druck im allgemeinen höher sein wird, darf doch



nicht außer acht gelassen werden, daß zur Erreichung der gleichen Leistung die auf den Kolben der Viertaktmaschine ausgeübte Kraft erheblich höher sein muß als bei der Dampfmaschine. Die natürliche Folge sind wesentlich größere Abmessungen des Zylinders bei der Gasmaschine als bei der Dampfmaschine. Hiermit hängt wieder eine Vergrößerung der Kolbendrucke und als weitere Folge ein schwereres Antriebsgestänge zusammen. Desgleichen muß auch das Schwungrad bedeutend schwerer werden als bei einer Dampfmaschine gleicher Leistung. Mit den einmaligen höheren Kosten für die größeren Abmessungen allein ist es aber nicht getan; die Maschinen verursachen dann auch dauernd höhere Ausgaben, da die veränderten baulichen Verhältnisse eine nicht unbeträchtliche Steigerung der Reibungsverluste bewirken.

Aber nicht allein dies, sondern auch die inneren Vorgänge in der Maschine standen einer einfachen Vergrößerung der Abmessungen hindernd im Wege. Wie die Rechnung ergibt, vergrößert sich die Oberfläche des Ladungsraumes in der zweiten Potenz, sein Inhalt dagegen in der dritten; es wächst also die Größe der zur Abführung der schädlichen Wärme bestimmten Oberfläche weit langsamer als der Inhalt des Verbrennungsraumes, so daß die Beherrschung der hohen Temperaturen im Innern des Zylinders Schwierigkeiten macht. Auch hier besteht ein grundsätzlicher Unterschied

zwischen Dampfmaschine und Gasmaschine. Bei ersterer steigen die Temperaturen auch bei starker Überhitzung nicht über  $350-400^{\circ}$ , bei letzterer erreichen sie unter Umständen  $1800^{\circ}$  C. Aus allem diesem folgt, daß es nicht zugänglich ist, die für Gasmaschinen kleinerer Leistungen

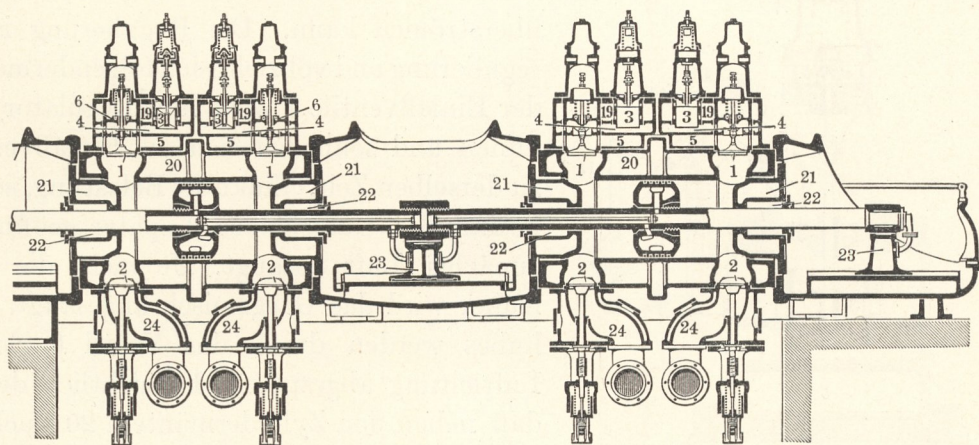


Fig. 259. Viertakt-Großgasmaschine von Pokorny & Wittekind (Längsschnitt).

bewährten Bauarten ohne weiteres auf Großgasmaschinen zu übertragen. Lebhafter wurde an deren Durchbildung erst gearbeitet, als sich Mitte der neunziger Jahre des letzten Jahrhunderts herausstellte, daß die aus den Hochöfen in großen Mengen entweichenden Abgase ein für Gasmaschinen sehr geeignetes Gas sind. Heutzutage werden schon Großgasmaschinen bis zu 4000 PS gebaut. Welche hohe Bedeutung sie haben, erhellt daraus, daß in einem einzigen Hüttenwerk durch Verwertung der Hochofengichtgase über 30 000 PS erzielt werden sollen. Vorzugsweise werden die Großgasmaschinen benutzt für den Antrieb von Dynamomaschinen, von Gebläsen für Hochofen- und Stahlwerke sowie für den Betrieb von Walzwerken.

Zunächst wurden Versuche mit der einfachwirkenden Viertaktmaschine gemacht, von der mehrere möglichst großer Leistung zu Zwillings-, Drillingsmaschinen usw. vereinigt wurden. Es hat sich aber herausgestellt, daß für Großgasmaschinen nur die doppelwirkende Viertaktmaschine in Frage kommt. Dann entfallen auf je zwei Umdrehungen der Kurbelwelle zwei Krafthübe, immer noch kommen aber auf vier Kolbenhübe zwei arbeitverzehrende Hübe. Auch diese sind bereits beseitigt worden, indem zwei doppelwirkende Viertaktzylinder derart hintereinander oder — wie es heißt — in Reihe gebaut wurden, daß auf jede halbe Kurbelumdrehung ein Krafthub kommt. Unbedingt notwendig ist hierbei, daß nicht nur die ruhenden, sondern auch die bewegten Teile, wie Kolben, Kolbenstange, Ventile, gut gekühlt werden.

Das Beispiel einer solchen Maschine zeigt die *Viertakt-Großgasmaschine* der Firma Pokorny & Wittekind, Frankfurt a. M.-Bockenheim. Fig. 259 zeigt den Längsschnitt der Maschine, Fig. 260 einen Querschnitt durch das Regelorgan. 1 sind die Ein- und 2 die Auslaßventile der Maschine. Zwischen den ersteren sitzen die Gaszuleitungsschieber 3. Die Zuleitungen 4 und 5 für das Gas und



die Luft sind im geschlossenen Zustande des Einlaßventils durch einen auf der Ventilschindel sitzenden Teller 6, für den keine Sitzfläche vorgesehen ist, und der daher wie ein Schieber wirkt, gegeneinander abgeschlossen. Der Antrieb der Ein- und Auslaßventile erfolgt in der üblichen Weise. Für den Gaszuleitungsschieber 3 ist eine Abschnappsteuerung vorhanden, die sich von den bei Dampfmaschinen angewendeten dadurch unterscheidet, daß bei ihr im Augenblick des Abschnappens die Feder 7 nicht auf einen Schluß, sondern auf ein Öffnen des Schiebers hinwirkt. Der um den festen Zapfen 8 schwingende Doppelhebel 9 wird von der Klinke 10 mitgenommen, was ein Anheben des Schiebers 3 und Verschließen der Durchtrittsöffnungen zur Folge hat. Die Klinke 10 erfährt eine zweifache Bewegung: sie ist um den Zapfen 11 des Hebels 12 drehbar gelagert, dem durch die Lenkerstange 13 eine um den Zapfen 8 schwingende Bewegung erteilt wird; andererseits wird die Klinke aber noch von der mit dem Regulatorgestänge in Verbindung stehenden Lenkerstange 14 beeinflusst, die an den bei 15 drehbaren Doppelhebel 16 angreift. Das andere Ende dieses Doppelhebels steht durch die Stange 17 mit dem mit der Klinke 10 fest verbundenen Hebel 18 in Verbindung.

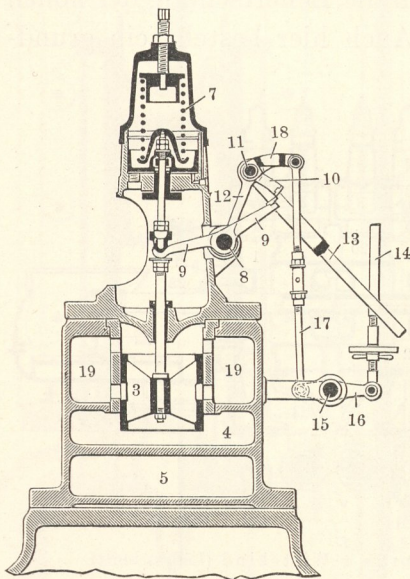


Fig. 260. Viertakt-Großgasmaschine von Pokorny & Wittekind (Querschnitt durch das Regelorgan).

Je nach dem Abschnappen der Klinke wird der Schieber früher oder später zum Öffnen gebracht, so daß das Gas aus dem Raum 19 durch die nunmehr geöffneten Schlitz in den Kanal 4 überströmen kann. Die Regulierung ist eine reine Qualitätsregulierung und vollzieht sich folgendermaßen. Das Steuergestänge der Einlaßventile 1 wird vom Regulator nicht beeinflusst; mithin öffnen und schließen sich die Einlaßventile bei jeder Belastung zu derselben Zeit. Sinkt die Belastung, so wird der vom Regulator beeinflusste Gasschieber 3 später geöffnet, so daß die Maschine zunächst Luft ansaugt. Je mehr die Belastung steigt, desto früher wird das Gasgemisch angesaugt. Am Ende des Ansaughubes werden durch das Ventil 1 gleichzeitig die Gas- und Luftleitung abgesperrt. Hinsichtlich der Kühlung sei bemerkt, daß neben den Zylindermänteln 20 auch die Deckel 21 mit den Stopfbüchsen 22 sowie Kolben, Kolbenstange und Auspuffventile energisch gekühlt werden. Die hohle Kolbenstange wird nicht nur durch die Kolben und den nicht mehr mit dargestellten Kreuzkopf, sondern auch durch die zwischen beiden Zylindern und hinter dem zweiten angeordneten Gleitschuhe 23 unterstützt. 24 sind die in ihrem ersten Teile wassergekühlten Auspuffrohre.

## 2. Fahrbare Maschinen.

Hierher gehören nicht nur die Maschinen für Land-, Wasser- und Luftfahrzeuge, sondern auch die für die Lokomobilen.

Die Bemühungen, schienenlose Fahrzeuge mit Verbrennungsmaschinen anzutreiben, wurden erst von Erfolg gekrönt, als um die Wende der achtziger Jahre des vergangenen Jahrhunderts die mit flüssigen Betriebsstoffen gespeisten Verbrennungsmaschinen aufkamen. Zunächst galt es noch, zwei Mängel dieses neuen Verkehrsmittels zu beseitigen, nämlich das große Gewicht der Maschinen und die durch die hin und her schwingenden Maschinenteile hervorgerufenen störenden Erschütterungen des Wagengestelles. Um die Gewichtsverminderung hat sich besonders Daimler verdient gemacht, der bis 1886 durch erhebliche Vergrößerung der Umdrehungszahl das Maschinengewicht für je eine Pferdestärke bis auf 40 kg ermäßigte. Heute baut die Société Antoinette in Paris schon Maschinen mit einem Gewicht von  $1\frac{1}{4}$ —1 kg für die Pferdestärke. Es darf hierbei aber nicht übersehen werden, daß derartige im Viertakt arbeitende Maschinen bis zu 2000 Umdrehungen in der Minute machen. Findet eine starke Verringerung der Umdrehungszahl statt, so sinkt die Kraftleistung der Maschine unverhältnismäßig rasch.

Fig. 261 und 262 zeigen das Beispiel eines vierzylindrigen *Mercedes-Motors* in der Stirn- und



Seitenansicht, wobei in ersterer die Kurbel abgenommen und der Kasten für das Steuerungsgetriebe geöffnet ist. An den Zylinder 1 schließen sich links und rechts die Gehäuse 2 und 3 für die Ein- und Auslaßventile an, die durch außerhalb der Gehäuse sitzende Federn 5, 6 in der Schlußstellung gehalten werden. Gesteuert werden die Ventile durch auf den Steuerwellen 7, 8 sitzende Nocken, deren Bewegung auf die Ventilspindeln 4 übertragen wird. Die Steuerwellen werden von der Kurbelwelle 9 unter Vermittelung eines Zahnradgerietes derart angetrieben, daß auf je zwei Umdrehungen der Kurbelwelle je eine der Steuerwelle kommt. Von diesem Zahnradgeriet

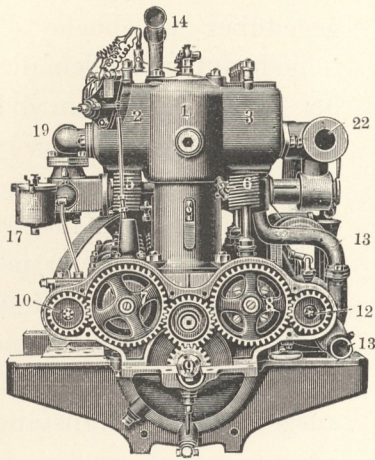


Fig. 261. Stirnseite; Kurbel abgenommen; Steuerungsgetriebekasten geöffnet.

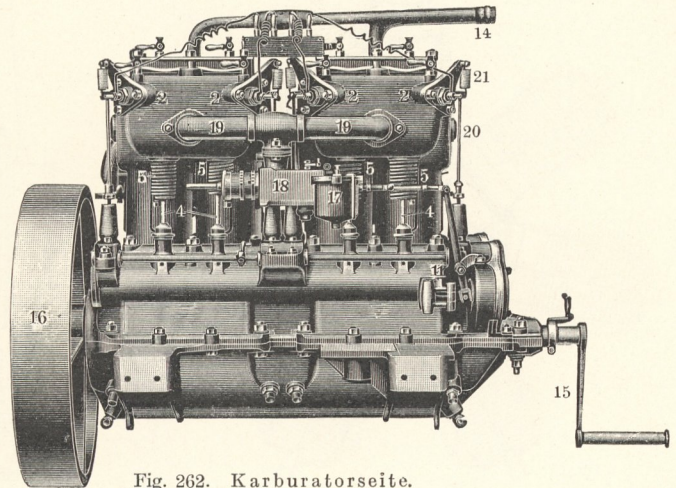


Fig. 262. Karburatorseite.

Fig. 261 und 262. Mercedes-Motor.

erhalten ferner noch das Zahnrad 10 zum Antriebe des Regulators 11 und das Zahnrad 12 zum Antriebe des Magnetankers und der Zirkulationspumpe für das Kühlwasser ihre Bewegung. Das Wasser, das von dem im vorderen Teil des Wagens angeordneten Kühler kommt, wird den Kühlmantelräumen durch die Leitung 13 zugeführt und verläßt sie durch die schwach ansteigende, zum Kühler zurückführende Leitung 14. Auf der Kurbelwelle 9 sitzen die Andrehkurbel 15 und das mit Ventilationsflügeln versehene Schwungrad 16. Zur Bildung des Ladungsgemisches sind das Karburatorschwimmergehäuse 17 und die Zerstäuber-kammer 18 bestimmt, von denen das Gemisch durch die Leitung 19 zu den Einlaßventilgehäusen 2 gelangt. Die Zündung des von dem zurückkehrenden Kolben komprimierten Gemisches besorgt die von dem Gestänge 20 angetriebene Zündvorrichtung 21. Nach der Arbeitsleistung gelangen die expandierten Verbrennungsgase durch das Auspuffrohr 22 ins Freie.

Eine Maschine, die in neuester Zeit wegen ihrer eigenartigen Steuerung großes Aufsehen erregt, ist die in Fig. 263 dargestellte *Knightmaschine*. Bei dieser berührt der Arbeitskolben 1 nicht die Zylinderwandungen, sondern zwischen beiden ist ein Ringraum gelassen, der von zwei Kolbenschiebern 2 und 3 ausgefüllt wird. Diese werden von einer sich mit der halben Umlaufzahl der Kurbelwelle drehenden Steuerwelle in eine auf und nieder gehende Bewegung versetzt. Überschleifen sich die Schlitze der Kolbenschieber vor der Öffnung 4, so findet bei niedergehendem Arbeitskolben ein Ansaugen der Ladung statt. Während des nun folgenden Verdichtungshubes und der Zündung befinden sich die Schlitze der Kolbenschieber außer dem Bereich der größten Hitze in dem oberen, von zwei Seiten (nämlich vom Zylinder und Deckel) gekühlten Teil der Maschine. Gegen Ende des Expansionshubes überschleifen sich die Schlitze der Schieber vor der Öffnung 5 und leiten den Auspuff ein. Beachtenswert ist weiter an dieser Maschine die geschlossene Form des

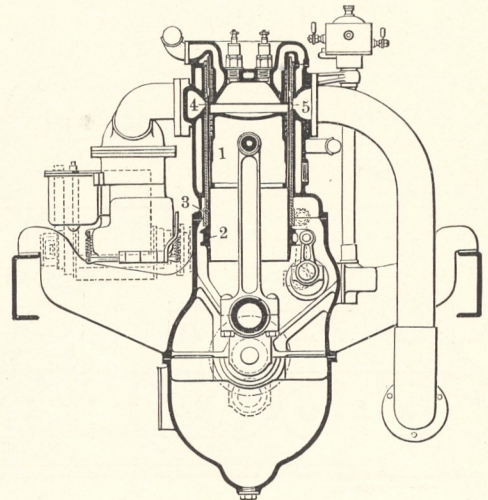


Fig. 263. Knightmaschine.



Zylinderraumes, der nur von glatten, bearbeiteten Flächen begrenzt wird. Wurden auch anfänglich Bedenken gegen diese Steuerung laut wegen des einseitigen Angriffes des Steuerungsgetriebes an den Schiebern sowie wegen der Fraglichkeit einer guten Schmierung und Kühlung, so müssen diese doch durch den praktisch erreichten Erfolg der Maschine als widerlegt angesehen werden.

Als Beispiel einer Maschine für Flugfahrzeuge sei schließlich in den Fig. 264 und 265 der *Gnôme-Motor* der Société des Moteurs Gnôme dargestellt, mit dem zahlreiche Flugzeuge ausgerüstet sind. Diese Maschine

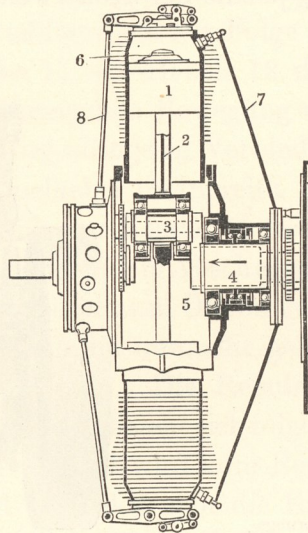
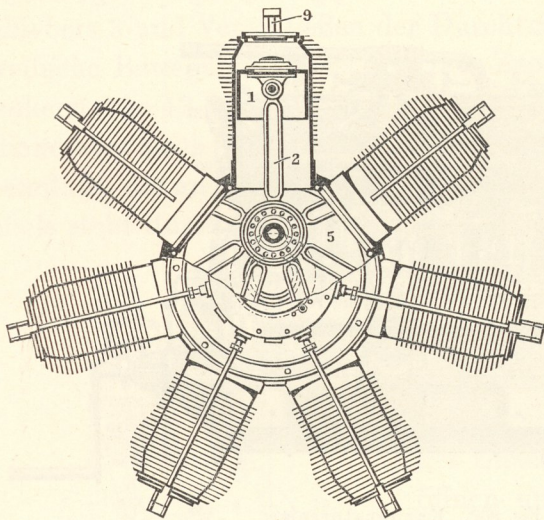


Fig. 264 und 265. Gnôme-Motor.

weist allen bisher beschriebenen gegenüber erhebliche Unterschiede auf, vor allem die, daß bei ihr die einzelnen Zylinder sternförmig um die Kurbelwelle angeordnet sind und sich um den feststehenden Kurbelzapfen drehen. Die Zylinder nehmen hier gleichzeitig die Stelle des Schwungrades ein. Eine der sieben von den Arbeitskolben 1 ausgehenden Schubstangen 2 ist mit einem großen Gabelkopf versehen, der unter Zwischenschaltung zweier Kugellager an dem Kurbelwellenzapfen 3 angreift. Die Köpfe der übrigen Stangen sind an dem großen Kopf mit einfachen Zapfen drehbar angelenkt. Das

Ladungsgemisch tritt durch die feststehende hohle Kurbelwelle 4 in die Kurbelkammer 5 und aus dieser, wenn sich der Kolben vom Zylinderdeckel entfernt, durch das selbsttätige Einlaßventil 6 in das Zylinderinnere. Durch den zurückgehenden Kolben wird das Gemisch komprimiert und im Totpunkt entzündet. 7 ist die Zündleitung. Nach vollendeter Expansion öffnet sich das vom Gestänge 8 gesteuerte Auslaßventil 9 und entläßt die Gase ins Freie. Das Gewicht einer solchen Maschine von 34,2 Nutzpferdestärken bei 2354 minutlichen Umdrehungen beträgt 82 kg und der Brennstoff-

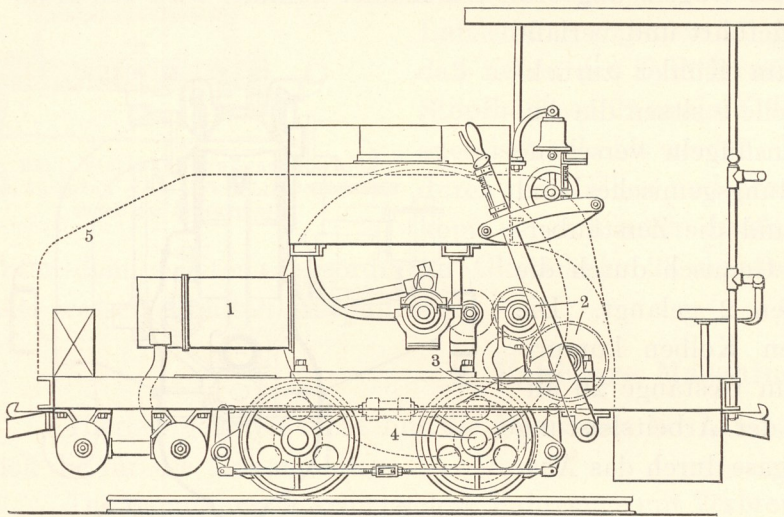


Fig. 266. Deutzer Gruben-Benzinlokomotive.

verbrauch für die Stundenpferdestärke 0,359 kg. Die Zylinder bestehen vollständig aus Nickelstahl und werden mit den Kühlrippen aus dem Vollen herausgearbeitet.

Als zu den Landfahrzeugen gehörig ist noch die *Motorlokomotive* zu erwähnen, die als Gruben-, Feld- und Waldbahn-, Rangier- und Straßenbahnlokomotive Verwendung findet. Sie wird für kleinere Leistungen, im allgemeinen nicht über 16 Nutzpferdestärken, gebaut und weist der Dampflokomotive gegenüber mancherlei Vorteile auf. So ist sie jederzeit betriebsfertig, benötigt nur einen Mann zu ihrer Bedienung und verbraucht während der Arbeitspausen keinen Brennstoff. Als solcher finden neben verdichtetem Leuchtgas, das in Vorratsgefäßen mitgeführt wird, vornehmlich Benzin, Benzol, Spiritus, aber auch Petroleum und Ergin Verwendung. Fig. 266 zeigt schematisch eine *Gruben-Benzinlokomotive* der Gasmotorenfabrik Deutz. Die liegend



angeordnete Maschine 1 überträgt ihre Bewegung durch ein Zahnrädergetriebe 2 und ein Kettenrädergetriebe 3 auf die Laufachse 4. Je nach den örtlichen Verhältnissen und dem Verwendungszweck wird das Triebwerk mit einer oder mehreren Übersetzungen ausgeführt, und es kann mit den entsprechenden Geschwindigkeiten sowohl vorwärts als auch rückwärts gefahren werden. Maschine und Triebwerk sind von dem punktiert angedeuteten Blechmantel 5 eingeschlossen.

Während die vorstehend beschriebenen fahrbaren Maschinen sämtlich zur Fortbewegung der Fahrzeuge dienen, bleiben bei den *Verbrennungslokomobilen* die Maschinen während des Betriebes an derselben Stelle und werden nur fortbewegt, wenn ihre Kraft an einer anderen Stelle ausgenutzt werden soll. Als Betriebsstoff finden vornehmlich flüssige Brennstoffe, wie Petroleum, Benzin, Spiritus, Verwendung. Das Schaubild einer solchen *Spirituslokomobile* der Oberurseler Motorenfabrik A.-G. zeigt Fig. 267. Die Maschine 1 ist stehend angeordnet, um die Kolbenstöße besser auffangen zu können. In dem über den Vorderrädern angeordneten liegenden Kessel 2 ist der Spiritusvorrat aufbewahrt, aus dem die Maschine selbsttätig den Spiritus mittels Pumpe entnimmt. Nach der Arbeitsleistung entweichen die Auspuffgase durch das Rohr 3 und den Auspufftopf 4 ins Freie. Um den Kühlwasserverbrauch gering zu erhalten, besteht Zirkulationskühlung. In dem unteren Raum des hohen viereckigen Kühlwasserturmes 5 (s. auch Fig. 240) befindet sich das abgekühlte Wasser, das durch eine Pumpe in den doppelwandigen Zylindermantel zur Kühlung gedrückt und dann oben in den Turm befördert wird, in dem es über Verteiler herunterfällt, während ein kräftiger Luftstrom durch einen Ventilator nach oben geblasen wird, der das Wasser durch teilweise Verdunstung kühlt, worauf es sich unten zur wiederholten Verwendung wieder sammelt. Auf dem Wagen selbst ist ein Vorgelege angeordnet, so daß die Maschine stets zum Treiben einer Arbeitsmaschine fertig ist.

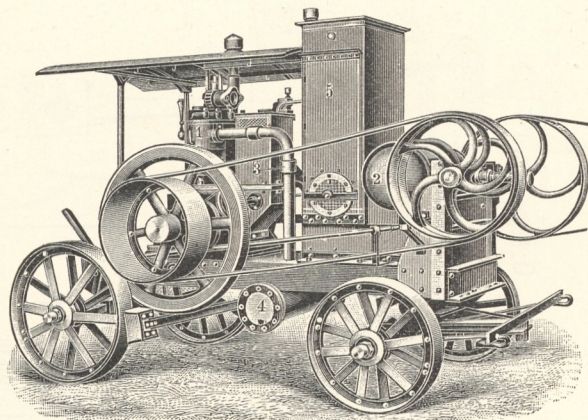


Fig. 267. Spirituslokomobile.

## II. Die Zweitaktmaschinen.

Die Entwicklung der Zweitaktmaschine setzte bald nach dem Auftauchen und den Erfolgen der ersten Viertaktmaschinen ein, geriet dann aber ins Stocken, als das Deutzer Viertaktpatent vernichtet und der Viertakt frei war. Wie bei den Viertakt-Großgasmaschinen näher auseinandergesetzt ist, zeigten sich beim Bau einfachwirkender Viertaktmaschinen größerer Leistungen Übelstände, die, namentlich als ein Bedürfnis für Gasmaschinen größerer Leistung vorlag, die Aufmerksamkeit wieder auf den Zweitakt lenkten, fanden doch bei diesem in der gleichen Zeit doppelt soviel Arbeitshübe statt wie beim Viertakt und konnten infolgedessen bei gleichen Leistungen Zylinder- und Gestängeabmessungen kleiner gehalten werden. Hinsichtlich des Raumbedarfes, des Gewichtes und der Gleichmäßigkeit des Ganges ist die Zweitaktmaschine der Viertaktmaschine überlegen, aber auch in wirtschaftlicher Hinsicht steht sie ihr kaum noch nach.

### 1. Ortfeste Maschinen.

Als Beispiel einer liegenden Maschine sei die im Jahre 1894 entstandene und für kleinere Leistungen bestimmte *Béniermaschine* genannt. Fig. 268 zeigt einen Längsschnitt durch die Maschine und Fig. 269 einen Grundriß im teilweisen Schnitt. Äußerlich unterscheidet sich diese Maschine von den Viertaktmaschinen durch das Vorhandensein der Ladepumpen und durch das Fehlen des Auspuffventils und der sich längs der Maschine erstreckenden Steuerwelle. Der im Arbeitszylinder gleitende Kolben 1 überträgt durch die Schubstange die Kraft auf die doppelt gelagerte Kurbelwelle 2, welche die Nockenscheibe 3 für das Einlaßventil des Arbeitszylinders, den