

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.

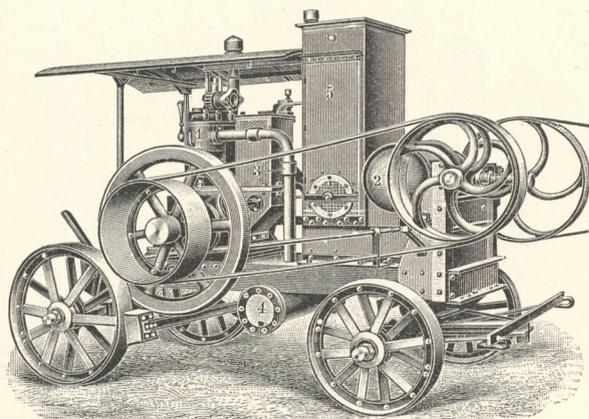


Fig. 267. Spirituslokomobile.

## 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

Steuerungsantrieb 4 für die Ladepumpen, das Schwungrad 5 und die Kurbel 6 für die Ladepumpen trägt. Die Ladepumpe besitzt einen stufenförmig ausgebildeten Zylinder 7 und einen dementsprechenden Kolben 8. Der kleinere Teil 9 des Zylinders ist für die Verdichtung des Gases und der Ringraum 10 für die Verdichtung der Luft bestimmt. Beide Pumpen werden von einem gemeinsamen Rohrschieber 11 gesteuert. Als Treibmittel dient bei dieser Maschine Mischgas, das dem Schieberkasten 12 der Ladepumpe durch eine von oben kommende (in der Figur nicht sichtbare) Leitung zugeführt wird. Die Luft wird von der Pumpe 10 aus dem hohlen Gestellfuß entnommen. Der Steuerungsantrieb des Einlaßventils 13 erfolgt von dem Nocken 3 aus, gegen den sich die an dem einen Ende eines um 14 schwingbaren Doppelhebels angeordnete Rolle 15 legt. Das andere Ende des Doppelhebels steht durch die Stange 16 mit einem Hebel 17 in Verbindung, auf dessen Achse fest ein Hebel 18 sitzt, der sich gegen die Spindel des Ventils 13 legt. Die Regelung der Maschine erfolgt durch einen Regulator 22, der auf eine in der Gaszuleitung angeordnete Drosselklappe einwirkt. Zum Zweck der Kühlung wird dem Zylinderkopf durch die Leitung 19 Kühlwasser zugeführt, das oben durch den Teil 20 in den Zylindermantel überströmt. Abgeleitet wird das Kühlwasser schließlich durch die Leitung 21. Die Wirkungsweise der Maschine ist folgende.

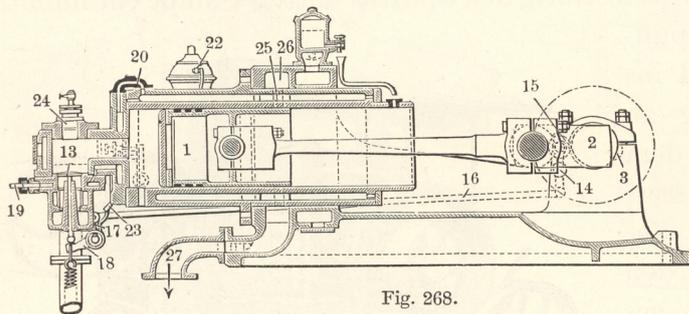


Fig. 268.

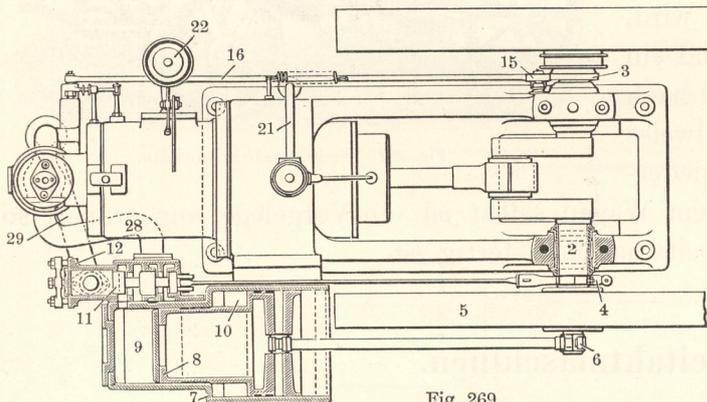


Fig. 269.

Fig. 268 und 269. Bénériermaschine.

Drosselklappe einwirkt. Zum Zweck der Kühlung wird dem Zylinderkopf durch die Leitung 19 Kühlwasser zugeführt, das oben durch den Teil 20 in den Zylindermantel überströmt. Abgeleitet wird das Kühlwasser schließlich durch die Leitung 21. Die Wirkungsweise der Maschine ist folgende. Der vom Steuerhebel beeinflusste Unterbrecher 23 bewirkt, wenn sich der Kolben in der inneren Totpunktlage befindet, mittels des Zünders 24 die Entzündung der komprimierten Ladung. Die expandierenden Verbrennungsgase treiben den Kolben vorwärts, bis er die strahlenförmig am Zylinderumfang verteilten Ausströmschlitze 25 überschleift, durch die sie in den Ringraum 26 und in die Auspuffleitung 27 entweichen. Unterstützt wird dieses durch die von der Pumpe 10 durch das Rohr 28 zugeführte Luft, welche die Abgasreste austreibt. Im Anschluß an die Luft wird

auch dem durch die Leitung 29 zuströmenden Gas der Zutritt zu dem Zylinder gestattet. Während des Rückganges des Kolbens findet zunächst noch ein Austreiben der Verbrennungsprodukte statt und hierauf eine Verdichtung des Zylinderinhalts, bis wieder eine Zündung eintritt usw.

Zur Verdichtung der Luft dient entweder, wie im vorstehenden Beispiel, eine besondere Pumpe, oder es wird der vordere Teil des Arbeitszylinders als Pumpe ausgebildet, oder schließlich das Kurbelgetriebe vollständig eingekapselt und der hierdurch entstehende geschlossene Raum als Arbeitsraum für die Pumpe benutzt.

Ein Beispiel letztgenannter Art ist die in Fig. 270 veranschaulichte, von der Solos Motoren-gesellschaft m. b. H. in Wiesbaden gebaute Maschine (*Söhnlein-Motor*), die vornehmlich für flüssige Brennstoffe, Leicht- und Schwerbenzin, Benzol usw. bestimmt ist, aber auch mit Leuchtgas betrieben werden kann. Bemerkenswert ist an dieser Maschine, daß das Ein- und Auslassen der Gase unter Vermeidung jeglicher Ventile durch den Arbeitskolben und das Kurbelgetriebe bewirkt wird. Nicht nur geschieht diese Steuerung durch die kräftigsten Teile der Maschine, sie hat auch noch den weiteren Vorteil, daß sie ein für allemal richtig eingestellt ist und nicht aus der Ordnung kommen kann. Durch den Emporgang des Arbeitskolbens entsteht in dem gasdicht umschlossenen Kurbelgehäuse ein Unterdruck, der zur Folge hat, daß sich das Ventil 1 öffnet und durch die Öffnung 15 und das Brennstoffventil 13 Luft und Gas angesaugt werden. 14 ist der Anschlußstutzen für die

Brennstoffleitung. Je nach der Einstellung des Brennstoffventils bildet sich in der Kammer 2 ein mehr oder weniger reiches Gemisch. Erreicht der Kolben seine obere Totpunktlage, so wird der Lufteintrittsschlitz 5 freigelegt, und es strömt nun von außen Luft in die unter Unterdruck stehende Kurbelkammer. Beim Abwärtsgang wird der Inhalt der Kurbelkammer schwach verdichtet und zum Teil in den Luftkanal 4 gedrückt. Gegen Ende dieses Hubes legt der Kolben die Auspuffschlitze 8 frei, durch welche die expandierten Gase in das Auspuffrohr 9 entweichen. Auf der gegenüberliegenden Seite des Zylinders öffnet kurz nachher die Kolbenoberkante den Eintrittsschlitz 6, so daß die in der Kurbelkammer verdichtete Luft sowie das Brennstoffgemisch übertreten können. Damit das frisch zuströmende Gemisch nicht von den auspuffenden Gasen mitgerissen wird, befindet sich auf dem Kolben eine Prallplatte oder Brücke 7, welche die neue Ladung nach dem Verbrennungsraum und in die Gegend der Zündung leitet. Der nach oben gehende Kolben schließt zunächst den Gaseinlaßkanal 6 und dann den Auspuffschlitz 8, worauf das im Zylinder eingeschlossene Gemisch hoch verdichtet und in der Nähe des inneren Totpunktes mittels eines elektrischen Funkens durch den bei 10 angeordneten Zünder entzündet wird. Die hochgespannten Verbrennungsgase treiben den Kolben arbeitend wieder nach unten, der am Ende seines Hubes den Auslaßkanal überschleift, hierbei die Gase ins Freie entweichen und durch den sich öffnenden Eintrittskanal 6 die frische Ladung eintreten läßt, worauf sich die Vorgänge in der beschriebenen Reihenfolge wiederholen. Die Regulierung geschieht einerseits durch das von Hand einstellbare Brennstoffventil, andererseits durch den von einem Zentrifugalregulator beeinflussten Hahn 3. Zur Kühlung ist der Zylinder von einem Wassermantel umgeben, an den sich unten die Wasserzulußleitung 11 und oben die Wasserabflußleitung 12 anschließt. Geölt wird die Maschine durch einen selbsttätigen, aus der Zeichnung nicht ersichtlichen Zentralschmierapparat.

**Großgasmaschinen.** Hier sind zunächst die *Zweitaktmaschinen von Öchelhäuser* zu nennen. Von diesen wurde die erste, bei 125—135 minutlichen Umdrehungen

eine Leistung von 300 PS entwickelnde, im Jahre 1898 auf dem Hüttenwerk Hörde in Westfalen mit Hochofengas in Betrieb gesetzt. Fig. 271 gibt eine schematische Skizze dieser Maschine. Im Arbeitszylinder 1 bewegen sich zwei Kolben 2 und 3 derart, daß sie sich entweder einander nähern oder voneinander entfernen, also niemals in derselben Richtung laufen. Dieses wird durch eine dreifach gekröpfte Kurbelwelle 4 erreicht, deren mittlere Kurbel gegen die beiden äußeren um  $180^\circ$  versetzt ist. Die mittlere Kurbel ist mit dem Kolben 2 durch eine Schubstange 5 verbunden; die beiden äußeren wirken durch Schubstangen 6 auf Gleitfüße 7, von denen Stangen 8 zu einer Traverse 9 führen, die ihrerseits sowohl mit dem zweiten Kolben 3 als auch mit einem dritten 10 in Verbindung steht. Der letztgenannte Kolben gehört zu einer doppelwirkenden Verdichtungspumpe, deren eine Seite Gas, die andere Luft in zwei gesonderte, unterhalb der Maschine befindliche, in der Skizze aber nicht dargestellte Behälter drückt. Ferner ist der Zylinder 1 mit Schlitz 11, 12, 13 versehen. Die Wirkungsweise der Maschine ist folgende. Stehen die beiden Kolben 2 und 3 einander am nächsten, also in der inneren Totpunktstellung, so befindet sich

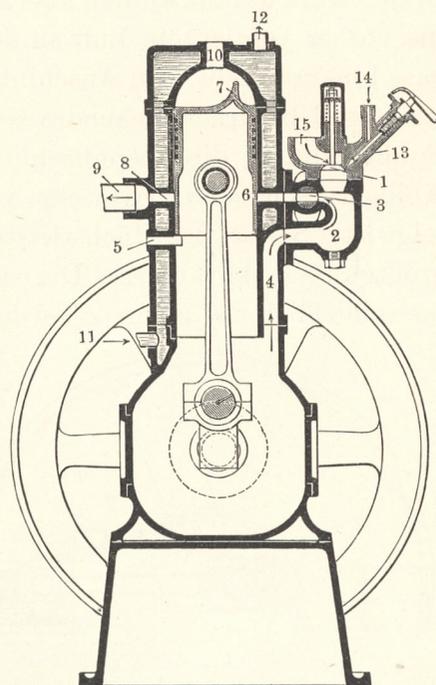


Fig. 270. Söhnlein-Motor.

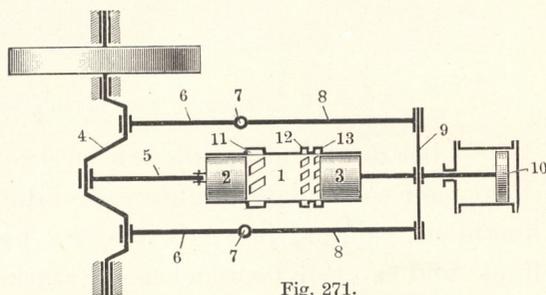


Fig. 271.

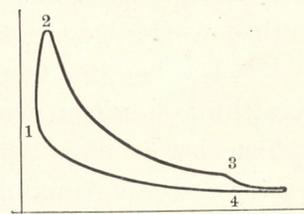


Fig. 272.

Fig. 271 und 272. Wirkungsweise der Öchelhäusermaschine.

zwischen ihnen die verdichtete Ladung, die nach ihrer elektrisch erfolgten Entzündung die Kolben auseinandertreibt und hierbei Kraft auf die Kurbelwelle überträgt. Nähern sich die beiden Kolben ihrer äußeren Totpunktlage, in der sie am weitesten voneinander entfernt sind, so überschleift der Kolben 2 die Schlitze 11, und die noch hochgespannten Verbrennungsgase entweichen ins Freie. Kurz darauf werden aber auch die Schlitze 12 von dem Kolben 3 freigelegt, so daß nunmehr die vorher verdichtete Luft in den Zylinder tritt und die noch darin befindlichen Verbrennungsgase hinauschiebt. Im Anschluß hieran öffnet der Kolben 3 noch die Schlitze 13, durch die unter leichtem Überdruck stehendes Gas in den Zylinder strömt. Um zu verhindern, daß dieses mit der Spülluft durch die Auspuffschlitze entweicht, werden diese Schlitze durch die zurückkehrenden Kolben geschlossen, bevor eine vollständige Auffüllung des Zylinders mit frischem Gasgemisch erfolgt ist. Selbst bei Höchstleistung beträgt das eingelassene Gemischvolumen nur 75 Proz. des größten Zylinderraumes. Die sich einander nähernden Kolben verdichten das Ladungsgemisch, bis schließlich im inneren Totpunkt die Zündung erfolgt und sich das Spiel wiederholt.

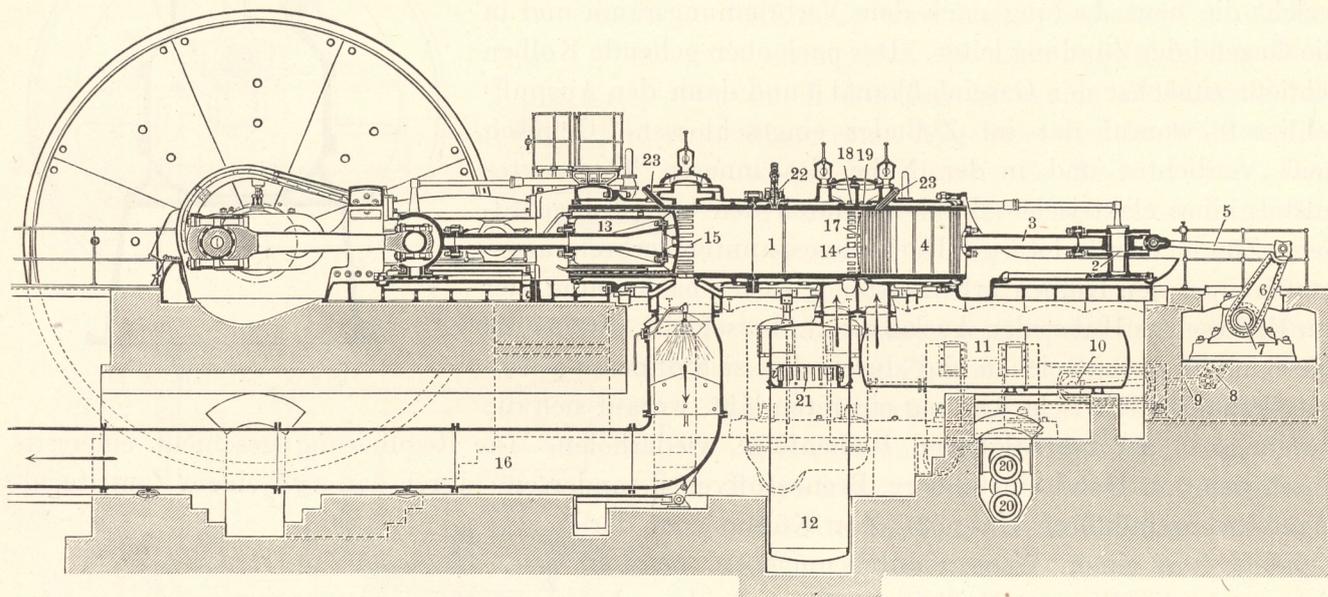


Fig. 273. Zweitaktmaschine Öchelhäuser von 1500 PS Nennleistung.

Über die Vorgänge im Innern des Zylinders gibt das Diagramm (Fig. 272) Aufschluß. Bei 1 erfolgt nach vollendeter Kompression die Zündung. Der Druck steigt plötzlich bis auf 2, um dann allmählich während des Arbeitshubes bis auf 3 zu sinken. Hier werden die Auspuffschlitze geöffnet, und es erfolgt zunächst ein starker Druckabfall, an den sich das Ausspülen des Zylinders und Einführen der neuen Ladung bis zum Punkt 4 anschließt. An dieser Stelle sind die drei Schlitzkränze wieder geschlossen, worauf die Kompression des Gemisches bis zum Punkt 1 einsetzt.

Da bei der *Öchelhäusermaschine* auf zwei Umdrehungen der Kurbelwelle doppelt soviel Krafthübe kommen wie bei der einfachen Viertaktmaschine, könnte leicht angenommen werden, daß sie bei gleichen Abmessungen und sonstigen gleichen Verhältnissen doppelt soviel leistet wie letztere. Diese Annahme ist aber irrig. Zunächst beträgt die Füllung der *Öchelhäusermaschine* nicht mehr als 75 Proz. des Zylindervolumens; ferner haben die schwere Kurbelwelle, das verdreifachte Gestänge sowie namentlich auch der Betrieb der Verdichtungspumpen nicht nur Reibungs-, sondern auch Arbeitsverluste zur Folge. Alles in allem ist häufig die Leistung einer *Öchelhäusermaschine*, verglichen mit der einer gleichgroßen Viertaktmaschine, nur unerheblich größer als diese. Dafür hat aber die *Öchelhäusermaschine* wieder andere Vorteile, z. B. die größere Gleichmäßigkeit des Ganges sowie die bedeutend einfachere Steuerung.

Den Gesamtaufbau einer von der Firma A. Borsig in Berlin-Tegel ausgeführten *Öchelhäusermaschine* läßt der Längsschnitt Fig. 273 erkennen. Bei dieser Ausführungsform liegen die Pumpen zur Verdichtung des Gases und der Luft nicht in einer Richtung mit dem Arbeitszylinder 1, sondern seitlich von ihm, und zwar unter Flur. Das aus der Figur nicht ersichtliche, zu beiden



Ladungsgemisch wird nunmehr entzündet und treibt den Kolben nach links, hierbei Arbeit leistend, gleichzeitig aber auch die frische Ladung komprimierend. Ein genaueres Eingehen auf den Lade- und Regelungsvorgang dieser Maschine ist überflüssig, da er bereits eingehend in dem Abschnitt Steuerungen (Fig. 228) besprochen ist. Bemerkt sei hier nur noch, daß bei dieser Maschine wie bei der Öchelhäusermaschine die Verdichtung der neuen Ladung nicht etwa in den Ladepumpen, sondern genau so wie bei der Viertaktmaschine vor der Zündung in dem eigentlichen Kraftzylinder stattfindet. Die Leistung der Maschine beträgt nicht etwa das Vierfache einer einfachwirkenden Viertaktmaschine gleicher Abmessungen; denn einerseits vollzieht sich das Laden nicht so vollkommen wie bei der Viertaktmaschine, andererseits tragen die durch das schwerere Gestänge — es sei nur auf den an sich schon schweren Kolben, der innen mit Wasserkühlung versehen ist, hingewiesen — und durch die Ladepumpen hervorgerufenen Reibungs- und sonstigen Verluste dazu bei, die Nutzleistung zu verringern.

Das Schaubild einer solchen Maschine, Bauart Körting, zeigt Fig. 275. Auf beiden Enden des Arbeitszylinders sitzen die Einlaßventile 1, deren Antriebsgestänge hinter der Maschine liegt. Die in der Mitte des Zylinders befindliche Ausbauchung 2 nimmt den zur Ableitung der Auspuffgase dienenden Kanal auf. 3 ist die Abflußleitung für das Kühlwasser. Neben der Maschine befinden sich

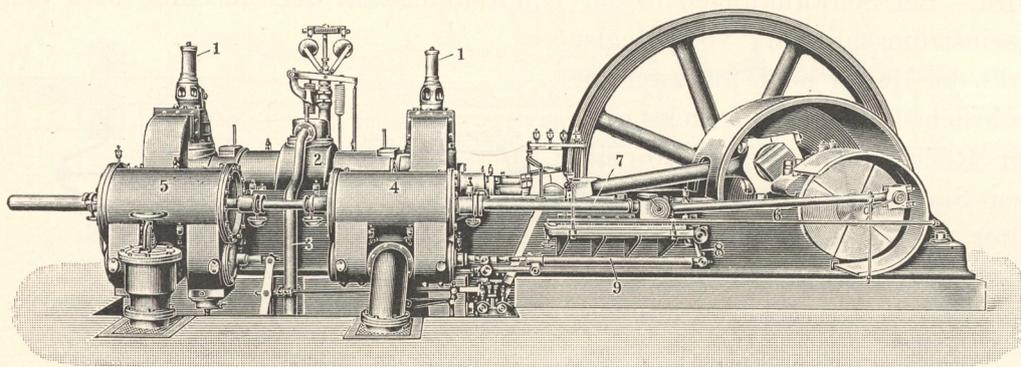


Fig. 275. Körtings Zweitaktmaschine (Nennleistung 500 PS bei 125 Umdrehungen).

die Verdichtungs-  
pumpen 4, 5 für  
Gas und Luft, deren  
Antrieb durch ein  
besonderes Schub-  
kurbelgetriebe 6, 7  
erfolgt. Bemerkens-  
wert ist, daß die  
Steuerschieber (siehe  
Fig. 228) für die  
Pumpen nicht neben,  
sondern unter den  
Zylindern liegen. Ihr Antrieb erfolgt durch ein Exzentergetriebe, dessen Bewegung durch den Doppelhebel 8 und die Lenkerstange 9 auf die Schieber übertragen wird.

## 2. Fahrbare Maschinen.

Nach den bisherigen Ausführungen könnte es scheinen, als würden die Zweitaktmaschinen nur für größere Leistungen gebaut, während für kleinere Leistungen der Viertakt siegreich das Feld behauptete. Aber man strebt auch für die kleinen Automobil- und Bootsmaschinen danach, den Zweitakt einzuführen, allerdings aus anderen Gründen. Bekanntlich besitzen diese kleinen Maschinen sehr hohe Umdrehungszahlen, und es ist in konstruktiver Hinsicht ein Vorteil, wenn Ein- und Auslaßventile, zu deren Antrieb bisher ein besonderes Steuergestänge vorgesehen sein mußte, in Fortfall kommen und dafür lediglich vom Kolben gesteuerte Ein- und Ausströmschlitze angeordnet werden. Allerdings stehen diesen Vorteilen auch Nachteile gegenüber. So ist es beispielsweise schwer, bei geöffnetem Ausströmschlitz das Laden so vorzunehmen, daß kein Brennstoff verloren geht.

Eine derartige kleine Maschine ist die in Fig. 276 schematisch dargestellte, für Fahrräder und Motorwagen bestimmte der Grade-Motorwerke in Magdeburg. Wenn sich der Kolben 1 infolge der lebendigen Kraft in die Höhe bewegt, entsteht in dem Kurbelraum 2 ein luftverdünnter Raum, was ein Öffnen des Ansaugventils 3 und Eintreten von frischer Luft und Brennstoff zur Folge hat. Gleichzeitig findet in dem Raum oberhalb des Kolbens eine Kompression des vorher eingetretenen Gemisches statt, das nahe der oberen Totpunktlage gezündet wird, worauf der Kolben wieder nach unten getrieben wird. Vor Erreichung der unteren Totpunktlage öffnet er den Auspuffkanal 4, so daß ein Spannungsausgleich zwischen dem mit hochgespannten Verbrennungsgasen