

Weniger gebräuchlich als Vier- und Zweitakt ist der *Sechstakt*. Von dem Viertakt unterscheidet sich dieser nur durch Hinzufügung zweier weiterer Takte, während welcher reine Luft angesaugt und wieder ausgetrieben wird. Zweck der letzten beiden Takte ist eine möglichst vollkommene Austreibung der Verbrennungsprodukte, die jedoch durch einen ungleichmäßigen Gang der Maschinen erkauft wird, weshalb diese Maschinen auch nur selten anzutreffen sind.

Während bei allen vorstehend beschriebenen Arbeitsverfahren die Verbrennung bei konstantem Volumen vor sich geht, ist das Merkmal der *Gleichdruckmaschine* eine Verbrennung bei konstantem Druck, die während einer endlichen meßbaren, wenn auch nur kleinen Zeit stattfindet. Auch diese Maschinen arbeiten sowohl nach dem Viertakt- als auch nach dem Zweitaktverfahren. Größere Bedeutung haben sie erst durch den Dieselmotor erlangt.

Je nachdem die Verbrennungsgase nur auf einer oder beiden Kolbenseiten Arbeit leisten, heißen die Maschinen *einfach-* oder *doppeltwirkend*. Bis jetzt sind einfachwirkende Viertaktmaschinen weitaus vorherrschend. Die Vorteile des Zweitaktes und der doppeltwirkenden Zylinder kommen hauptsächlich bei großen Ausführungen zur Geltung. Bezüglich der Gleichförmigkeit des Ganges ist der Zweitakt günstiger als der Viertakt, ebenso die doppeltwirkenden Maschinen gegenüber den einfachwirkenden. Nach der Bauart sind zu unterscheiden *liegende* und *stehende* Maschinen, sowie mit Rücksicht auf die Anzahl der Arbeitszylinder *Ein-* und *Mehrzylindermaschinen*.

Die Leistung einer Gasmaschine wird in ähnlicher Weise wie bei der Dampfmaschine bestimmt. Ein mittels des Indikators erhaltenes Diagramm gibt Aufschluß über die einzelnen Vorgänge im Arbeitszylinder. Aus diesem läßt sich ein Mittelwert für den Druck, der während einer Arbeitsperiode auf den Kolben ausgeübt wird, feststellen. Bei den Maschinen, die mit besonderen Ladepumpen arbeiten (Zweitaktmaschinen), werden hierbei vorher deren Diagrammflächen von der Diagrammfläche des Arbeitszylinders abgezogen. Aus dem mittleren Druck, der Kolbenquerschnittsfläche, dem Kolbenhub und der Umdrehungszahl berechnet sich unter Berücksichtigung der Taktzahl die indizierte Leistung  $N_i$  der Maschine, und zwar ist

$$N_i = \frac{\text{mittlerer Druck} \times \text{Kolbenquerschnittsfläche} \times \text{Hub} \times \text{Zündungen in der Minute}}{60 \cdot 75}$$

Die effektive oder Nutzleistung kann durch Bremsung ermittelt werden. Das Verhältnis  $\frac{\text{effektive Leistung}}{\text{indizierte Leistung}}$  ergibt dann den mechanischen Wirkungsgrad.

## B. Die Betriebsstoffe.

Bei allen mit Verpuffung, d. h. mit annähernd augenblicklicher Verbrennung, des Betriebsstoffes arbeitenden Verbrennungsmaschinen muß der Betriebsstoff, bevor er in den Zylinder der Maschine eintritt, in den gasförmigen Zustand übergeführt werden. Der eigentliche Kraftträger ist daher ein brennbares Gas, das mit dem Sauerstoff der Luft ein explosives Gemisch bildet. Derartige Gase kommen schon in der Natur gebrauchsfertig als *Erdgas* vor. Das Erdgas findet sich in großen Mengen als Begleiter von Petroleumlagern hauptsächlich im Kaukasus und in den Vereinigten Staaten von Nordamerika. Im Kaukasus wird es schon seit uralter Zeit technisch verwertet, in Amerika wird es außer zu Beleuchtungs- und Heizzwecken besonders im Kraftbetriebe benutzt. In neuerer Zeit sind auch in England und in allerjüngster Zeit auch in Deutschland sehr ergiebige Erdgasquellen erbohrt worden. Das Erdgas besteht zu ungefähr 90 Proz. aus leichten Kohlenwasserstoffen und eignet sich besonders für die Verwendung in Kraftmaschinen; in Amerika baut man Maschinen von 500—1000 PS, die mit Erdgas betrieben werden.

Nächst den Naturgasen kommen für den Betrieb der Gasmaschinen und besonders der Großgasmaschinen die als Nebenprodukte bei Hütten- und Steinkohlenwerken entstehenden Gase in Betracht. Es sind dies die *Hochofengichtgase* und die *Koksofengase*. Die aus der Gichtöffnung der Hochöfen abziehenden Gase enthalten etwa 26—30 Volumprozent Kohlenoxyd, kleinere Mengen von Wasserstoff und Kohlenwasserstoffen, 7—10 Proz. Kohlensäure und im übrigen hauptsächlich Stickstoff. Diese Gase wurden schon seit langer Zeit außer zur Erhitzung des Hochofenwindes auch

unter Mischung mit Luft zur Beheizung der Dampfkessel des Hochofenwerkes verwendet; man erkannte jedoch bald, daß sie mit ihrem geringen Heizwert von nur 900—950 WE vorzüglich zur unmittelbaren Krafterzeugung in Gasmaschinen geeignet sind, und daß man bei dieser unmittelbaren Verwendung der Gase als Kraftgas etwa das 2,5—3fache der bei der Dampferzeugung erzielten Leistung kostenlos erhalten kann. Da bei einem Hochofen für jede erzeugte Tonne Roheisen nach Abzug aller Verluste und des Verbrauches für die Winderhitzung noch 2500 cbm Gas für Kraftzwecke übrigbleiben, so ergibt dies für einen Ofen von 150 Tonnen Tagesleistung bei einem Verbrauch von 3 cbm Gichtgas für die Pferdestärkenstunde eine Kraftquelle von rund 5200 PS für Maschinenbetrieb. Hieraus ersieht man ohne weiteres den ungeheuern wirtschaftlichen Nutzen der Großgasmaschinen für die Hüttenwerke.

Um die Gichtgase in den Maschinen benutzen zu können, müssen sie von dem Gichtstaub befreit werden, der ihnen anhaftet. Man unterscheidet den schweren und den leichten Staub. Den schweren, der aus dem Abrieb von Erzen und Zuschlag besteht und etwa 20—30 000 kg im Tage für einen Hochofen beträgt, führt man soviel wie möglich wieder in den Ofen zurück; den leichten, der hauptsächlich Alkalisalze, Zink-

und Manganoxyde und auch Koksstaub enthält, muß man für sich auffangen. Nach der Trockenreinigung enthält 1 cbm Gas noch etwa 7—10 g Staub. Durch nasse Reinigung kann man bequem von 10 auf 1 g, durch vollkommene Reinigung sogar auf 0,1 g zurückkommen. Für die Reinigung der Gase sind Vorrichtungen der verschiedensten Bauart vorgeschlagen worden. In Fig. 203 ist ein derartiger Reiniger dargestellt. Die Gase gelangen aus dem Ofen 1 durch zwei Rohre 2 in den Trockenreiniger 3, in dem sich der schwere Staub absetzt. Von hier aus werden sie durch ein Rohr 4 in den Naßreiniger geführt, der aus drei Einzelreinigertürmen 5 besteht. Die Gase werden durch Rohre 7 in den untersten Teil jedes Reinigers geführt und steigen, entgegen einem von oben kommenden Wasserstrom, durch Holzeinlagen nach oben, wo sie schließlich durch ein Rohr 8 mit Wasserverschluß 11 abgeführt werden. Das Rohr 8 ist durch ein Rohr 9 mit dem Schleudergebläse 10 verbunden, welches das Gas in die Maschine drückt. Der Staub wird den trichterförmigen unteren Enden der Kühltürme entnommen und mittels in die Räume 6 gebrachter Wagen fortgeschafft.

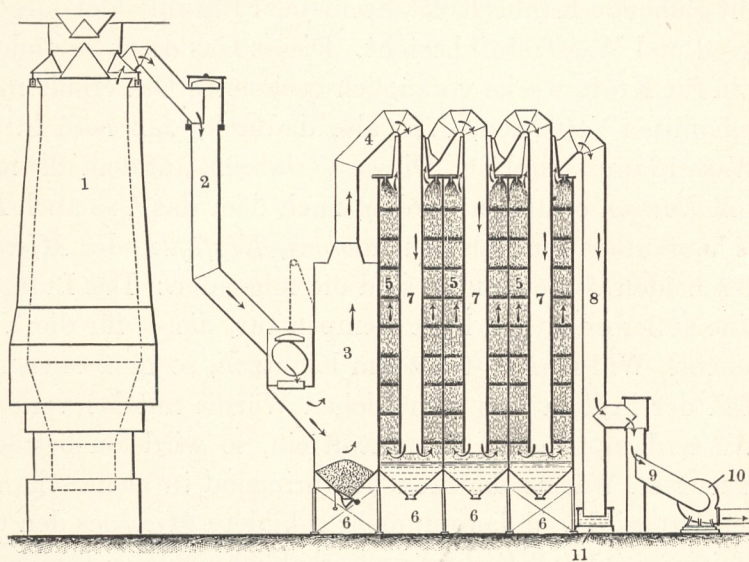


Fig. 203. Reiniger für Gichtgase.

geführten, der aus drei Einzelreinigertürmen 5 besteht. Die Gase werden durch Rohre 7 in den untersten Teil jedes Reinigers geführt und steigen, entgegen einem von oben kommenden Wasserstrom, durch Holzeinlagen nach oben, wo sie schließlich durch ein Rohr 8 mit Wasserverschluß 11 abgeführt werden. Das Rohr 8 ist durch ein Rohr 9 mit dem Schleudergebläse 10 verbunden, welches das Gas in die Maschine drückt. Der Staub wird den trichterförmigen unteren Enden der Kühltürme entnommen und mittels in die Räume 6 gebrachter Wagen fortgeschafft.

Zur künstlichen Herstellung von Gasen für die Verbrennungsmaschinen lassen sich alle in der Natur vorkommenden organischen Stoffe verwenden, aus denen infolge ihrer Zusammensetzung aus Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff durch Erhitzung brennbare Gase entwickelt werden können. Bis vor kurzem wurde das aus den Steinkohlen durch trockene Destillation hergestellte *Steinkohlengas* oder *Leuchtgas* hauptsächlich für den Betrieb der Gasmaschinen verwendet. Es besteht aus Wasserstoff, leichten und schweren Kohlenwasserstoffen und Kohlenoxyd und hat die Eigenschaft, sich rasch und innig mit der Luft zu verbinden, eine Eigenschaft, auf der besonders die Möglichkeit beruht, das Leuchtgas für Kraftmaschinen zu verwenden. Hierzu kommt noch, daß es, mit Luft im richtigen Verhältnis gemischt, bei der Entzündung augenblicklich verbrennt, d. h. verpufft. Die Höhe der durch die Verpuffung entstehenden Temperatur und Spannung richtet sich nach dem Verhältnis, in dem Luft und Gas gemischt sind. Das beste Mischungsverhältnis ist nach Clerk 1 Teil Gas auf 5 Teile Luft; bei diesem Verhältnis erhält man einen Überdruck von 6,37 Atmosphären, eine Verpuffungstemperatur von 1812° C und eine Verpuffungszeitdauer von 0,055 Sekunde.

Neben den großen Vorteilen, die das Leuchtgas für Kraftzwecke bietet, ist als Übelstand zu nennen, daß die Maschine, in der das Gas verwendet werden soll, stets an die Gasanstalt bzw. die Gasleitung selbst gebunden ist; denn da die Gasbereitung nur im Großbetrieb rentabel ist, bleibt es ausgeschlossen, daß jeder Maschinenbesitzer sich sein Gas selbst bereitet. Eine Verwendung der Gasmaschine als von Ort bewegliche Maschine war daher unmöglich.

Aus dem Bestreben, diese Abhängigkeit zu beseitigen, kam man zu der Erfindung des *Generatorgases*, eines Gases, das im Kleinbetrieb hergestellt und dem Leuchtgas in bezug auf Kraftzwecke ebenbürtig an die Seite gestellt werden kann. — Erhitzt man Kohle und leitet in die glühende Masse Luft in genügender Menge, so entsteht Kohlensäure, ein nicht brennbares Gas. Ist aber der Zutritt der Luft ein ungenügender, so entsteht das sauerstoffärmere, giftige, aber brennbare Kohlenoxydgas, das für Kraftzwecke verwendbar ist. Man nennt dieses Gas auch *Luftgas* oder *Siemensgas*. Wegen der hohen Temperatur, mit der es aus dem Erzeuger kommt, und wegen seines geringen Heizwertes (nur etwa 800 WE auf 1 cbm) ist es aber für Kraftzwecke wenig geeignet. Als Ersatz dafür diente das *Wassergas*, das durch Einwirkung von Wasserdampf auf glühende Kohle (Koks, Stein- oder Braunkohle) dargestellt wird und hauptsächlich aus Kohlenoxyd und Wasserstoff besteht. Dieses Gas dient besonders zur Heizung, seltener zu Kraftzwecken. Ein für Kraftzwecke vorzüglich geeignetes Gas erhält man durch die Vereinigung der beiden vorgenannten Verfahren, d. h. also dadurch, daß man in die glühende Kohle sowohl Luft als auch Wasserdampf einbläst. Dieses Verfahren, auf dem alle modernen Generatorenbetriebe beruhen, ist von *Dowson* erfunden worden, nach dem das Gas auch *Dowsongas* genannt wird. Man bezeichnet es heutzutage kurz als *Generatorgas*, *Kraftgas* oder *Mischgas*. Die Vorteile dieses Gases gegenüber den beiden vorgenannten sind die folgenden: Das Luftgas hat, wenn es aus dem Erzeuger kommt, eine außerordentlich hohe Temperatur, die es für die Verwendung in Kraftmaschinen ungeeignet macht. Will man es trotzdem benutzen, so muß es energisch abgekühlt werden, wobei ein großer Teil der in dem Gas befindlichen Wärme nutzlos verloren geht. Führt man dagegen auch noch Wasserdampf in den Brennstoff ein, so wird ein beträchtlicher Teil der bei der Luftgasbildung erzeugten Wärme dadurch nutzbringend in chemische Energie umgesetzt, daß der Wasserdampf zersetzt wird und das nunmehr gebildete *Mischgas* den Gaserzeuger mit einem wesentlich höheren Heizwert (1400 WE/cbm) und erheblich niedrigerer Temperatur verläßt (nicht mehr als 500°). Auch der Gehalt des Gases an Wasserstoff bietet für die Verwendung in Kraftmaschinen verschiedene Vorzüge. So liegt z. B. die Entzündungstemperatur des Wasserstoffes bedeutend niedriger als die des Kohlenoxyds; die Verpuffungsgeschwindigkeit ist bei Außenluftdruck für Wasserstoff 30mal größer als für Kohlenoxyd, auch ist die Diffusionsgeschwindigkeit des Wasserstoffes erheblich größer als die des Kohlenoxyds usw. Vor allem kommt aber hinzu, daß die Generatoren verhältnismäßig einfach und kompensiös sind, so daß sie überall ohne allzu große Kosten erbaut werden können, bei erhöhter Rentabilität des Einzelbetriebes. Der Generator kann unmittelbar neben der Maschine errichtet werden, so daß lange Rohrleitungen vermieden werden; seine Wartung ist sehr einfach. Schließlich kann jede Art von organischen Stoffen in den Generatoren verwendet werden. — Das Kraftgas ist ein farbloses, fast geruchloses, sehr giftiges Gas, das angezündet mit nichtleuchtender bläulicher Flamme verbrennt. Die Wärmeausnutzung bei der Herstellung ist eine ganz vorzügliche, da sich von dem Wärmevermögen des im Generator verwendeten Brennstoffes gegen 85 Proz. in dem erzeugten Gase wiederfinden, während das Wärmevermögen des Leuchtgases im Mittel nur 20 Proz. des Wärmevermögens der vergasteten Kohle beträgt. 1 kg Anthrazit liefert 4,5 cbm Kraftgas mit einem mittleren Heizwert von etwa 1300 WE/cbm. Bei dem aus Koks hergestellten Gas beträgt der Heizwert nur etwa 1100 WE/cbm. Die Kraftgaserzeugung stellt sich nicht nur bei kleinen, sondern auch bei großen Anlagen billiger als eine entsprechende Dampfkesselanlage.

### Gasgeneratoren.

Die Erzeugung des Gases erfolgt in Druckgas- oder in Sauggasgeneratoren. In den *Druckgasgeneratoren* können nur Anthrazit und Koks vergast werden, bei den *Sauggasgeneratoren*

auch andere Brennstoffe, sobald durch die Bauart und Einrichtung des Generators dafür gesorgt wird, daß die schweren Kohlenwasserstoffe, die teer- und paraffinhaltigen Bestandteile den Generator in gasförmigem Zustande verlassen. Der Unterschied zwischen den beiden Erzeugungsarten besteht darin, daß bei dem Druckgasgenerator die Verbrennungsluft mittels eines Dampfstrahles in den Generator *hineingedrückt* wird, während sie bei dem Sauggasgenerator durch die Gasmaschine bei jedem Saughub in den Generator *hineingesaugt* wird.

Fig. 204 zeigt einen Druckgasgenerator der *Gebr. Körting*. Der Generator 1 ist ein Schacht-ofen, der unten mit einem Planrost und oben mit einem Fülltrichter mit Doppelverschluß versehen ist. Der Dampf wird im Dampfkessel 2 erzeugt und durch Rohr 3 zu dem Injektor 4 geführt, der die erforderliche Luft aus dem Luftvorwärmer 8 ansaugt und sie unter den Rost drückt. Luft und Dampf dringen durch die glühende Anthrazit- oder Koksschicht im Generator, wobei das Kraftgas gebildet wird. Das Gas verläßt den Ofen durch Rohr 5, das durch den Luftvorwärmer 8 und den Speisewasservorwärmer 9 geführt ist und unten in den Skrubber oder Rieseler 11 einmündet. Der Skrubber zum Reinigen des Gases besteht aus einem Blechzylinder, in dem sich auf einem Rost eine hohe Koksschicht befindet. Diese wird von oben mit Wasser berieselt, während das Gas in den teilweise mit Wasser gefüllten Unterteil des Skrubbers eintritt und die Koksschicht von unten nach oben durchstreicht, wobei es gleichzeitig gereinigt und gekühlt wird; schon in den beiden Vorwärmern hatte es einen Teil seiner Wärme abgegeben. Aus dem Skrubber gelangt

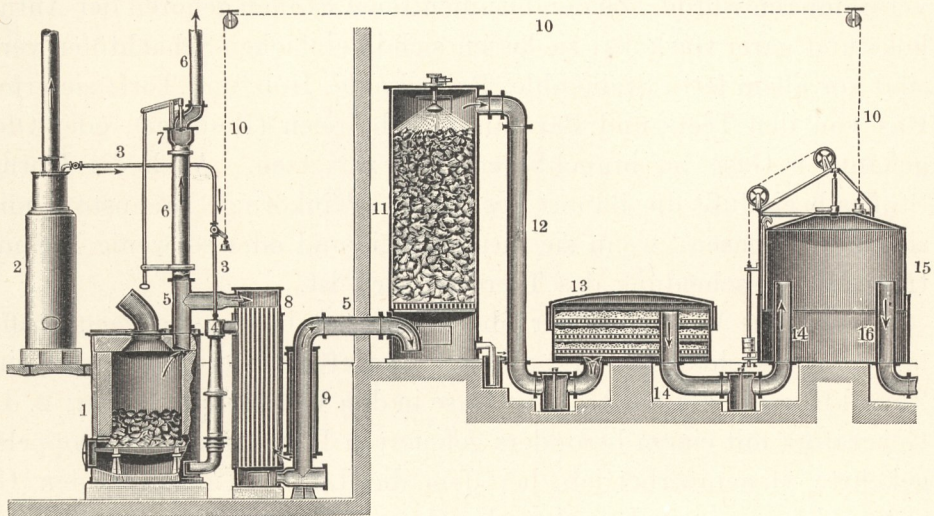


Fig. 204. Druckgasgenerator.

das Gas durch Rohr 12 in den Sägespänsreiniger 13, in den es von unten eintritt. Es durchstreicht in diesem mehrere auf Gittern ausgebreitete Sägespänschichten und gelangt schließlich durch Rohr 14 in den Gasdruckregler 15, aus dem es durch Rohr 16 zur Maschine geführt wird. Der Regler ist ein mit Wasser gefülltes Gefäß, in das eine oben geschlossene Glocke hineingehängt ist, die je nach dem Gasdruck mehr oder weniger tief eintaucht. Das Auf- und Abbewegen der Glocke wird zur Regelung der Gaserzeugung benutzt, indem mittels eines Kettenzuges 10 ein in der Dampfleitung 3 angeordnetes Drosselventil mehr oder weniger geschlossen und dadurch die Luft- und Dampfzuführung zum Generator geregelt wird. Beim Inbetriebsetzen des Generators läßt man die zunächst entstehenden, zum Motorbetrieb unbrauchbaren Gase durch Abzugsrohr 6 bei geöffnetem Ventil 7 entweichen. Dann wird letzteres geschlossen, und die Anlage ist betriebsbereit. Der Hauptnachteil des Druckgenerators ist der, daß er zu seinem Betrieb wieder einen kleinen Dampfkessel erfordert; gerade in dem Fortfall des Dampfkessels bestand aber der Hauptvorteil der Gasmaschine gegenüber der Dampfmaschine. Der Kessel ist gewöhnlich mit Überhitzer versehen und bedarf daher sorgfältiger Wartung; außerdem verbrennt er Kohlen, die auf diese Weise, wie bekannt, sehr unvorteilhaft ausgenutzt werden. Man kam daher darauf, die in dem Skrubber ungenutzt verloren gehende Wärme des Gases zur Dampferzeugung zu benutzen, und verlegte deshalb den Dampferzeuger in den Generator selbst, derart daß die abziehenden heißen Gase den Dampferzeuger umspülten. Gleichzeitig versuchte man, die Gaserzeugung von der Maschinenleistung selbst abhängig zu machen, daß man den Saugabschnitt der Viertaktmaschine dazu verwendete, die zur Vergasung nötige Luft von der Maschine durch den Gaserzeuger hindurchsaugen zu lassen. Die Vorteile der Sauggeneratoren gegenüber den

Druckgeneratoren sind so erhebliche, daß jene die letzteren wohl bald ganz verdrängen werden. Die Sauganlage ist bedeutend einfacher, da Dampfkessel, Dampfstrahlgebläse, Gasregler und häufig auch der Sägespänerreiner fortfallen. Da ferner in der Anlage stets ein Unterdruck herrscht, so ist die Gefahr des Ausströmens der giftigen Gase sehr gering; denn infolge der Luftverdünnung wird bei etwaigen Undichtigkeiten Luft *in* den Erzeuger strömen, statt daß Gas austritt. Ein weiterer Vorteil ist, wie schon angedeutet, der, daß die Gaserzeugung unmittelbar abhängig ist von der wechselnden Maschinenleistung. Je weniger die Maschine Arbeit leistet, um so weniger Gas erzeugt sie; bei gesteigerter Maschinenleistung steigert sich auch selbsttätig die Menge des erzeugten Gases.

In den Sauggasgeneratoren lassen sich alle organischen Stoffe für die Gasbereitung verwerten; selbstverständlich hängt aber die Bauweise des Generators ganz und gar von dem zu verarbeitenden Brennstoff ab. Man muß hierbei unterscheiden zwischen bitumenfreien und bitumenhaltigen Brennstoffen, denn letztere ergeben bei der Vergasung ein stark teerhaltiges Gas, das ohne weiteres in den Maschinen nicht zu verwenden ist, da es die Maschine in kürzester Zeit verschmieren würde. Zu den bitumenfreien Stoffen gehören der Anthrazit, die Holzkohle, Hüttenkoks und garer Gaskoks; sie lassen sich in einfachen Schachtöfen vergasen. Bitumenhaltige Stoffe sind vor allem fette Steinkohle, Braunkohle, Holz und Torf; sie erfordern Vorrichtungen, die das Gas von den Teer- und Paraffingasen befreien (Reiniger), oder Ofenkonstruktionen, welche die genannten Gase zu brauchbarem Gas zersetzen. Auch die Korngröße des zu verbrennenden Stoffes beeinflußt die Bauart des Ofens. Feinkörnige Brennstoffe mit unter 8 mm Körnung lassen sich nur vergasen, wenn sie bitumenfrei sind oder so wenig Bitumen enthalten, daß die nachträgliche Ausscheidung des Teers möglich ist.

Für die Vergasung der obengenannten bitumenhaltigen Stoffe sind vier verschiedene Verfahren vorgeschlagen und praktisch ausgeführt worden: 1. der einfache Generatorbetrieb mit Zurückführung der teerhaltigen Gase in den Verbrennungsraum; 2. die Verbindung eines einfachen Generators mit einem besonders gefeuerten Reduktionsofen (Doppelfeuergeneratoren); 3. der umgekehrte Generatorbetrieb, bei dem die Luft von oben in den Generator tritt und das Gas unten abgezogen wird, und 4. der Generatorbetrieb mit doppelter Verbrennung, wobei in demselben Generator Luft von oben und von unten eingeführt und das Gas dazwischen abgeführt wird. Außer diesen Verfahren sind noch viele andere vorgeschlagen worden. Über die Güte der Vergasung gibt die nachstehende Tabelle Aufschluß, der ein stündlicher Verbrauch der Gasmaschine von 2500 WE für die effektive Pferdestärke zugrunde gelegt ist.

Brennmaterial	Durchschnittlicher Heizwert des Brennstoffes pro Kilogramm	Garantierter Nutzeffekt der Generatoren in Prozent	Pro Kilogramm Brennstoff in Gasform erzeugte WE	Brennstoffverbrauch pro eff. Pferdestärke in Kilogramm	Brennstoffverbrauch pro 1000 WE des erzeugten Gases in Kilogramm	Unterer Heizwert des erzeugten Gases pro cbm
<b>I.</b>						
Anthrazit . . . . .	7500—8000	80	6000—6400	0,39—0,42	0,16—0,17	1200
Koks . . . . .	6000—7500	75—80	4500—6000	0,42—0,56	0,17—0,23	1100
<b>II.</b>						
Braunkohlen . . . . .	3500—5000	50—70	1750—3500	0,72—1,43	0,28—0,57	1000
Braunkohlenbriketts	4300—5000	70—75	3010—3750	0,67—0,835	0,27—0,34	1100—1200
Torf . . . . .	3000—3500	50—70	1500—2275	1,1 —1,67	0,44—0,67	900—1000
Holz . . . . .	3000—4500	50—65	1500—2925	0,86—1,67	0,34—0,67	900—1000
<b>III.</b>						
Steinkohlen . . . . .	6500—7500	65—75	4225—5250	0,48—0,59	0,2 —0,24	950—1000
<b>IV.</b>						
Anthrazitgrus . . . . .	7000—7500	55—65	3850—4875	0,51—0,65	0,2 —0,26	1100—1200
Koksgrus, Koksasche	5000—6500	50—60	2500—3900	0,64—1,00	0,26—0,40	1000—1100
Rauchkammerlösche	5000—6000	50—60	2500—3600	0,7 —1,00	0,28—0,40	1000—1100

Endlich erfordert auch die Verwertung sehr aschenreicher Brennstoffe, wie z. B. der Stoffe der Wasch- und Klaubeberge der Steinkohlenwerke, eine besondere Beachtung, da ihre Beseitigung für die Werke von großem Wert ist, und da sie neben einem Gehalt von 50—60 Proz. Asche noch einen Kohlenstoffgehalt von 30 Proz. enthalten, der eine Verarbeitung auf Gas verdient. Es ist dem Bergrat *Jahns* in Von der Heydt bei Saarbrücken gelungen, hieraus ein zu Heiz- und Kraftzwecken brauchbares Gas herzustellen. Er benutzte hierfür den von ihm erfundenen, aus vier einzelnen Öfen bestehenden Ringofen, der einen ununterbrochenen Betrieb gestattet, indem die vier Öfen untereinander abwechseln. Bei einem Kammerinhalt von 4 t vergast die Anlage täglich 80—90 t Klaubeberge, die einen Heizwert von etwa 2200 WE haben, von denen etwa 1900 im Gas ausgebracht werden. Man sieht hieraus, daß jeder organische Stoff im Generatorofen auf Gas hin verwertet werden kann, selbst der Hausmüll, dessen Gas aber bis jetzt nur für die Dampfkesselfeuerung ausgenutzt wird.

Im folgenden seien einige typische Generatoranlagen näher beschrieben.

Fig. 205 zeigt eine Anlage für Anthrazit und Koks der A.-G. Görlitzer Maschinenbau-Anstalt und Eisengießerei. Die Anlage besteht aus Schachtofen 1, Skrubber 15 und Sägespäne-

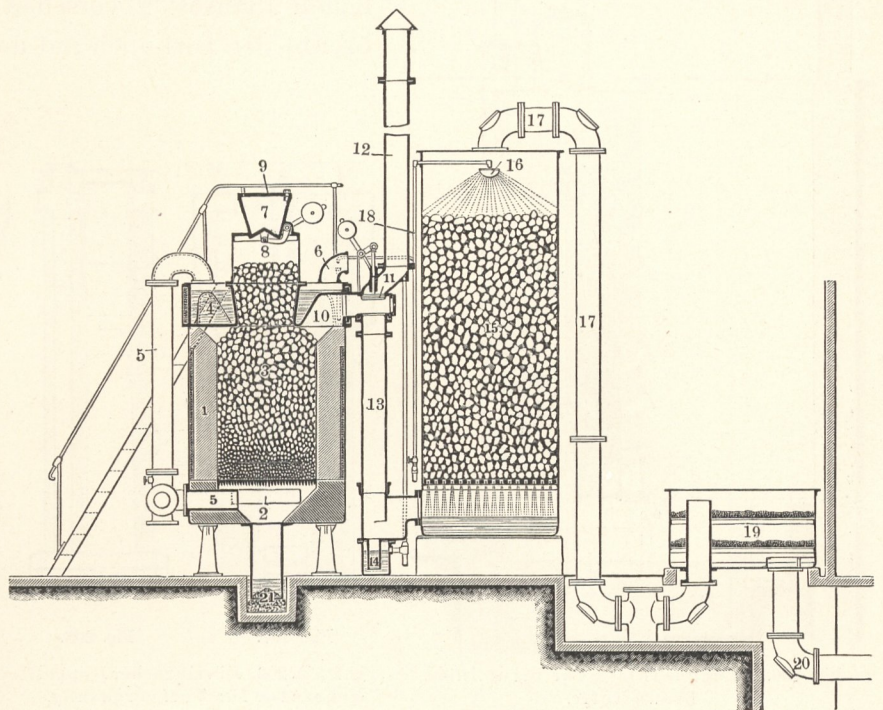


Fig. 205. Generatorgas-Anlage für Anthrazit und Koks.

reiniger 19. Auf dem Oberteil des Schachtofens 1 ist der Verdampfer 4 angeordnet, durch den der Füllrumpf hindurchragt. Auf dem Füllrumpf sitzt der Einfülltrichter 7, der oben durch einen Deckel 9 und unten durch einen konischen Boden 8 verschlossen werden kann. Der Brennstoff wird in den Trichter 7 eingefüllt, dann Deckel 9 verschlossen und Boden 8 geöffnet. Infolge der konischen Form des Bodens fällt der Brennstoff mehr an den Umfang des Ofens. Der mit Wasser gefüllte Verdampferraum 4 steht mit der Außenluft durch Rohrstützen 6 in Verbindung, durch den die Luft beim Saughub des Motors in den Verdampfer hineingesaugt wird, wo sie sich mit dem Wasserdampf mischt und durch das Rohr 5 in den Raum 2 unter den Rost geführt wird. Das Dampf-Luftgemisch durchstreicht den glühenden Brennstoff 3, wobei Kohlenoxyd und Wasserstoff entsteht. Das Gas tritt durch Stützen 10 aus dem Ofen aus und gelangt durch Rohr 13 mit Absetztopf 14 in den Skrubber 15, den es von unten nach oben durchstreicht, wobei es durch die Brause 16 eingespritzte Wasser gekühlt und gereinigt wird. Oben tritt es aus dem Skrubber heraus und wird durch Rohr 17 zum Sägespäne-

reiniger 19 und durch Rohr 20 zur Maschine geführt. Durch ein Rohr 18 wird der Brause 16 das erforderliche Wasser zugeführt. Das Rohr 13 kann gegen den Stützen 10 durch ein Ventil 11 abgeschlossen werden, das hierbei eine Verbindung zwischen dem Stützen 10 und dem Abzugsrohr 12, das ins Freie führt, herstellt. Beim Anheizen ist Rohr 13 abgesperrt; bei der Gaserzeugung hat das Ventil die gezeichnete Stellung. Während des Anheizens wird die zur Verbrennung erforderliche Luft durch einen nicht dargestellten Bläser, der bei kleineren Anlagen von Hand, bei größeren motorisch angetrieben wird, zugeführt. Die Asche wird durch den mit Wasser gefüllten Schacht 21 abgeführt.

Rost, sondern einen Wasserverschluß 4, in den die Asche gelangt und dessen Wasser dadurch zum Teil verdampft wird. Der eiserne Mantel des Schachtes 1 läßt einen Raum zwischen sich und der Ofenwand frei, durch den Luft hindurchstreichen kann; diese tritt durch die hohlen Füße 5 ein und gelangt bei 3 oder von oben her in den Brennraum. Die weitere Luftzuführung geschieht durch das Rohr 6, das von unten in den Ofen eintritt und unter einer in der Mitte des Ofens befindlichen Prallplatte 9 ausmündet. Die Luft geht um die Platte 9 herum und gelangt durch einen gemauerten Kanal 11 in den oberen Teil des Ofens, wo sie durch Öffnungen 12 in den Ofen 2 selbst austritt. Das Gasaustrittsrohr 7 umgibt das Luftrohr 6 und mündet in eine Wasserkammer 8, von wo das Gas durch das Rohr 13 weitergeleitet wird. Das Rohr 10 ist in seinem unteren Teil glockenförmig gestaltet und bildet durch diese Form eine Verengung in dem Schacht, durch die der Schwelraum von dem eigentlichen Vergaserraum getrennt wird.

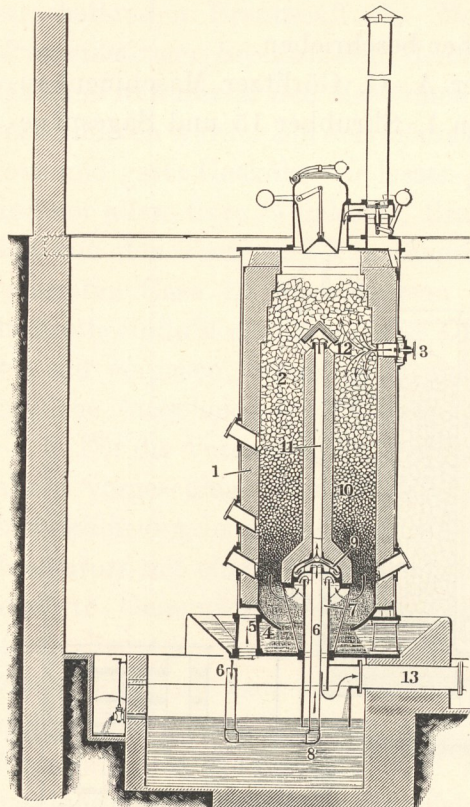


Fig. 206. Sauggasanlage für bituminöse Brennstoffe.

Der von Gebr. Körting gebaute Doppelgenerator für Torfvergasung (Fig. 207 und 208) benutzt einen aus zwei Teilen bestehenden Schacht, von denen der obere weitere 3 mit zwei Etagenrosten 4, 4 und der untere engere 1 mit einem gewöhnlichen Planrost 2 versehen ist. Ist der Ofen in Betrieb, so brennt der Torf oben auf dem Etagenrost an dem Rande der

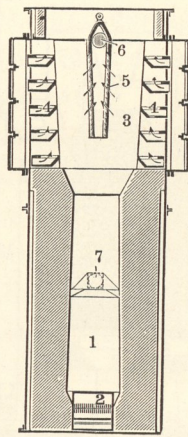


Fig. 207.

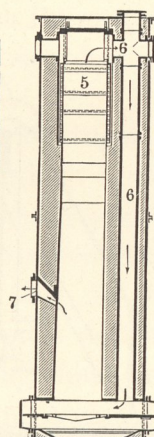


Fig. 208.

Fig. 207 u. 208. Körtingscher Doppelgenerator für Torfvergasung.

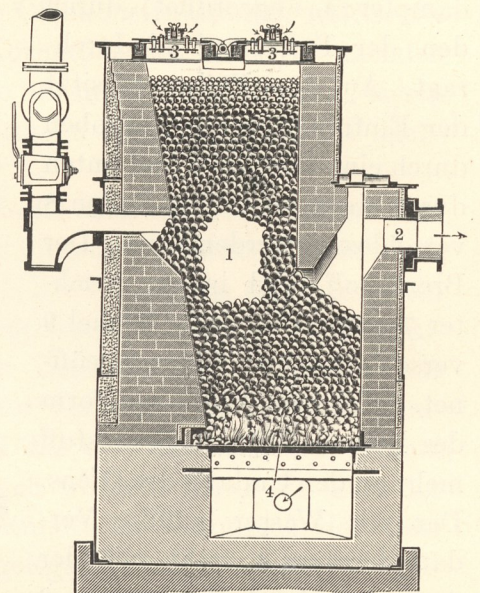


Fig. 209. Doppelgenerator.

Brennstoffsäule. Der in der Mitte des Schachtes befindliche Torf sinkt allmählich nieder und wird hierbei verkohlt. Die Schwelgase gehen durch das rostartige Rohr 5 und von da durch Rohr 6 in den unteren Teil des Schachtes, wo das Gas direkt über dem Rost 2 eintritt. Das fertige Gas tritt durch das in dem unteren Schachtteil befindliche Rohr 7 aus. Über dem Rost 2 liegt eine Koksschicht.

Fig. 209 zeigt einen Doppelgenerator der Gasmotorenfabrik Deutz für Braunkohlenvergasung nach dem sogenannten umgekehrten Generatorbetrieb. Der Schacht 1 besteht ebenfalls aus einem oberen engeren und einem unteren weiteren Teil, zwischen denen der Gasaustritt 2 liegt. Die Luft tritt durch in der Schachtdecke angebrachte Öffnungen 3 ein und wird nach unten gesaugt; hierbei nimmt sie die sich im oberen Teil entwickelnden Schwelgase mit, welche die auf dem Rost 4 brennende Brennstoffschicht passieren müssen und dabei zersetzt werden. Für größere Leistungen wird die Anlage, wie Figur 210 zeigt, derart verdoppelt, daß zwei solcher Öfen nebeneinander gesetzt werden, so daß sie einen gemeinsamen Rost 1 und getrennte Schwelräume 2 besitzen. Die Schwelräume sind durch die Wände 4 voneinander getrennt, die bis zur halben Ofenhöhe reichen, und zwischen denen das Gasabfuhrrohr 5 liegt. Die Luft tritt wieder an der Decke des Ofens bei 3 ein.

In Fig. 211 ist ein Treppenrostgenerator für feinkörnige Brennstoffe von J. Pintsch dargestellt. Auch hier ist der Schacht 1 durch einen Einbau 4 in der Mitte verengt. Der Brennstoff 2

ruht teils auf den schrägen Wänden des Einbaues, teils auf dem Treppenrost 6, dessen Spalten zur bequemen Reinigung groß gemacht werden können, ohne daß Brennstoff hindurchfallen kann. Das Luft-Dampfgemisch tritt unterhalb des Rostes zu; das Gas entweicht in den unterhalb des Einbaues entstehenden Raum 5 und wird durch Rohr 3 abgeführt.

Die vorbeschriebenen Generatoren betreffen alle ortsfeste Gasanlagen für größere Betriebe. Es werden aber bereits Generatoranlagen für den Betrieb von Motorbooten und Lokomobilen ausgeführt, die sich recht gut bewähren sollen.

Im allgemeinen werden für den Antrieb ortsbeweglicher Motoren aber *flüssige Brennstoffe* verwendet, und zwar: 1. Rohpetroleum mit seinen Destillationsprodukten, dem Benzin und dem Lampenpetroleum; 2. die Destillationsprodukte der Steinkohlen- und Braunkohlenteere (Benzol) und endlich 3. Spiritus. Das dickflüssige Rohpetroleum, das besonders in Nordamerika und am Kaukasus gefunden wird, besteht aus festen, flüssigen und gasförmigen Kohlenwasserstoffen und muß für den Gebrauch durch Destillation gereinigt werden. Je nach der Höhe der Destillationstemperatur gehen hierbei nacheinander die verschiedenen Bestandteile über. Bei 80 bis 100° erhält man das Benzin, dessen spezifisches Gewicht etwa 0,7 beträgt; zwischen 170 und 300° geht das zur Beleuchtung brauchbare Lampenpetroleum über. Diese beiden Stoffe kommen hauptsächlich für den Betrieb der Kraftmaschinen in Frage. Benzin verdampft bei 80—100° und ist schon bei gewöhnlicher Temperatur leicht flüchtig und daher sehr feuergefährlich, während Lampenpetroleum erst verdampft werden muß, um gasförmig in dem Motor verwendet werden zu können. Das Benzol, ein Nebenprodukt der Teerfabrikation, ist in seinen Eigenschaften dem Benzin sehr ähnlich; sein spezifisches Gewicht beträgt 0,86—0,88. Es wird für sich allein oder mit Spiritus gemischt verwendet. Der Spiritus kann ebenfalls entweder allein oder im Gemisch mit anderen Stoffen Verwendung finden. Von Vorteil ist sein hoher Wassergehalt, da infolge der größeren Verdichtung des Gasgemisches im Zylinder die Explosionskraft erhöht wird. Bei der Vermischung mit 20 Proz. Benzol ist der Verbrauch 0,5 Liter pro 1 St-PS bei voller Belastung. Ein anderer Betriebsstoff ist das *Ergin*, ebenfalls ein Produkt der Teerdestillation. — Der Hauptvorteil der flüssigen Brennstoffe ist, daß sie ohne Schwierigkeit (feuersichere Verpackung vorausgesetzt) überallhin transportiert werden können. Sie sind stets betriebsbereit, die Maschinen können ohne weiteres angelassen werden und verbrauchen nur während des Betriebes Brennstoff; sie sind also in hohem Maße ökonomisch.

### Vergaser (Karburatoren).

Wenn in der Einleitung dieses Abschnittes gesagt wurde, daß alle Betriebsstoffe für Verbrennungsmaschinen im gasförmigen Zustande in den Zylinder gelangen, so muß dies für die flüssigen Brennstoffe etwas eingeschränkt werden, da es sich hierbei nicht um ein Vergasen im eigentlichen Sinne des Wortes handelt. Der Betriebsstoff wird vielmehr im dampfförmigen Zustande mit atmosphärischer Luft gemischt, d. h. die Luft wird *karburiert*, und dieses Gemisch wird in den Zylinder eingeführt, wo es verpufft. Die Bezeichnung „Vergaser“ für die hierfür erforderliche Vorrichtung ist daher, strenggenommen, unrichtig; da sie aber allgemein gebräuchlich ist, so soll der Ausdruck auch hier beibehalten werden.

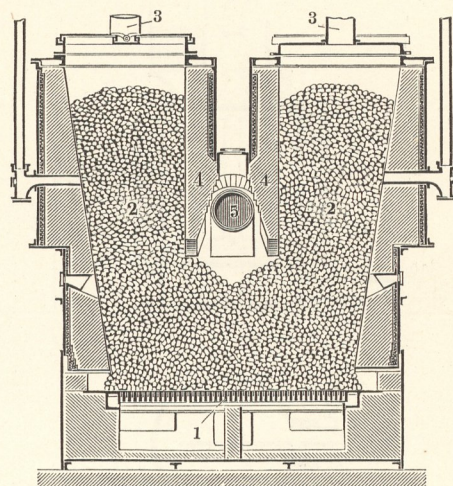


Fig. 210. Doppelgeneratoranlage.

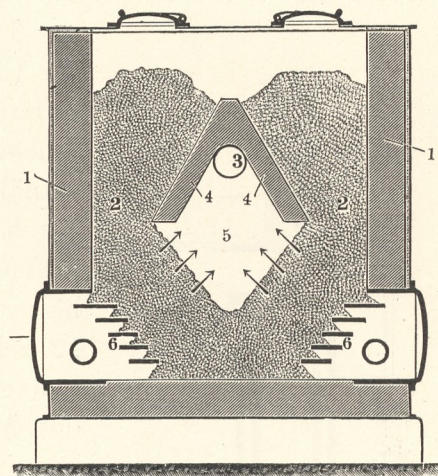


Fig. 211. Treppenrostgenerator.



Die Bauweise der Vergaser hängt von den Eigenschaften der zu verwendenden Flüssigkeiten ab. Bei Benzin, das schon bei gewöhnlicher Temperatur verflüchtigt, genügt es, wenn die Luft durch das Benzin hindurchgesaugt wird; sie reichert sich hierbei derart mit Benzindämpfen an — wird karburiert —, daß sie ohne weiteres in den Zylinder eingeführt werden kann. Die schwerer flüchtigen und erst bei höherer Temperatur verdampfenden Flüssigkeiten müssen vor der Mischung mit Luft auf ihre Verdampfungstemperatur erhitzt werden. Man unterscheidet daher *Vergaser mit* und solche *ohne Erhitzung*.

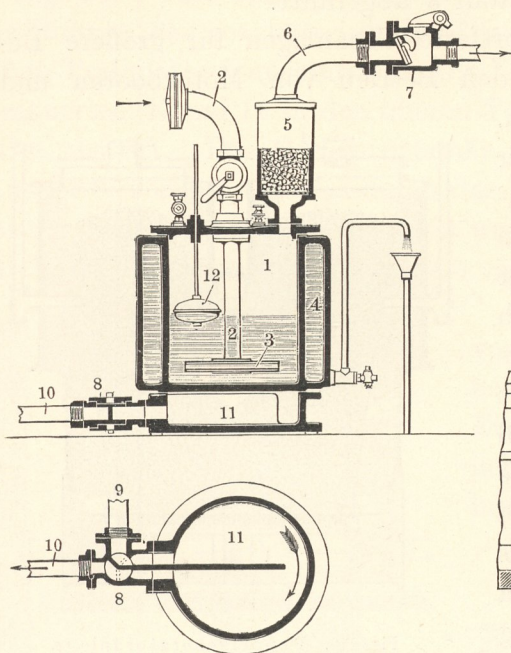


Fig. 212 und 213. Oberflächenvergaser.

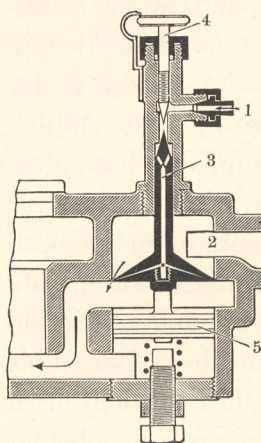


Fig. 214. Einspritzvergaser ohne Erhitzung.

Die Vermischung des Brennstoffes mit der Luft kann ebenfalls auf verschiedene Weise erfolgen: entweder läßt man die Luft über die auf eine große Oberfläche verteilte Flüssigkeit hinstreichen (*Oberflächenvergaser*), oder man spritzt eine gewisse Menge des Brennstoffes in die Luft hinein (*Einspritzvergaser*). Bei den Motoren mit schwer flüchtigen Brennstoffen unterscheidet man schließlich noch *geschlossene* und *offene Vergaser*; bei ersteren stellt der Vergaser einen abgeschlossenen Raum dar, der nur während des Saughubes durch Öffnen des Ventils mit dem Zylinder in Verbindung tritt, während der offene Vergaser ständig mit dem Zylinderinnern in Verbindung steht und gleichzeitig an Stelle eines Glührohres als Zündvorrichtung dient.

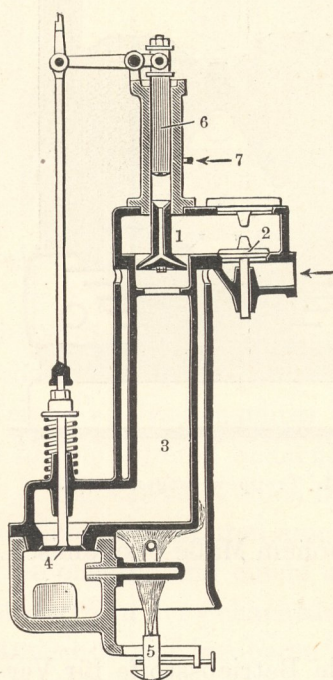


Fig. 215. Geschlossener Einspritzvergaser mit Erhitzung.

Die Fig. 212 und 213 zeigen einen *Oberflächenvergaser* für Benzin der Gasmotorenfabrik Deutz. 1 ist der Benzinbehälter, in den das Luftzuführungsrohr 2 einmündet; das untere, in das Benzin eintauchende Ende 3 von 2 ist scheibenförmig erweitert und mit feinen Kanälen durchsetzt, so daß die angesaugte Luft in feinen Strahlen durch das Benzin hindurchtritt und mit Benzin gesättigt wird. Die karburierte Luft geht dann durch einen mit Kieselsteinen gefüllten Behälter 5 und Rohr 6 mit Rückschlagklappe 7 zum Motor. Ein Schwimmer 12 zeigt den Stand des Benzins im Behälter an. Der letztere ist von einem Mantel 4 umgeben, durch den das erwärmte Kühlwasser des Motors strömt, um bei kalter Witterung das Verdampfen des Benzins zu sichern. Zu dem gleichen Zweck können auch die Abgase des Motors benutzt werden, die durch Rohr 9 in den Raum 11 unterhalb des Behälters 1 geleitet werden können und durch Rohr 10 abströmen. Ein Dreiwegehahn 8 gestattet die direkte Abführung der Abgase.

In Fig. 214 ist ein *Einspritzvergaser* der Firma Gebrüder Körting dargestellt. Das Benzin fließt aus einem höher gelegenen Behälter durch Rohr 1 der durchbohrten Spindel 3 des Ventils zu, das durch einen Kolben 5 gesteuert wird. Der Benzinzufuß kann durch die in eine feine Nadel endigende Schraube 4 geregelt werden. Beim Ansaugen der Maschine wird das Ventil 3 mit dem Kolben 5 nach unten gezogen, und das Benzin tritt durch die feine, ringförmige Öffnung des Ventils aus und wird durch die durch 2 angesaugte Luft aufs feinste zerstäubt. Der in Fig. 215 dargestellte Einspritzvergaser mit Erhitzung wird bei der Petroleummaschine von Kjelsberg angewendet. Das bei 7 eintretende und durch einen Kolben 6 in seinem Zufluß

geregelte Petroleum wird durch den Zerstäuber 1 zerstäubt und vermischt sich mit der bei 2 eintretenden Luft, worauf das Gemisch in das Gefäß 3 gelangt, das durch die Zündflamme 5 erwärmt wird. In 3 erfolgt durch die Flamme die Verdampfung des Petroleums. Nach dem Öffnen des Ventils 4 tritt das fertige Gemisch in den Zylinder ein. — Fig. 216 zeigt den offenen Vergaser eines Swiderskischen Petroleummotors. Der Raum vor dem Ventil 4 ist mit der zu verdampfenden Menge Petroleum gefüllt und steht durch die Kanäle 5 mit der Außenluft in Verbindung. Das Ventil 4 mündet in den Verdampferraum 1, der mit Rippen 6 versehen ist und von der Petroleumdampfampe 7 bis zur Dunkelrotglut erhitzt wird. Die Petroleumdämpfe treten bei 2 aus dem Verdampfer aus und werden von der durch Rohr 3 eintretenden Luft in den Zylinder mitgenommen.

Die vorbeschriebenen Vergaser sollen lediglich die typischen Unterschiede zeigen; sie sind aus der ungeheuer großen Zahl der in Gebrauch befindlichen Vergaser willkürlich herausgegriffen.

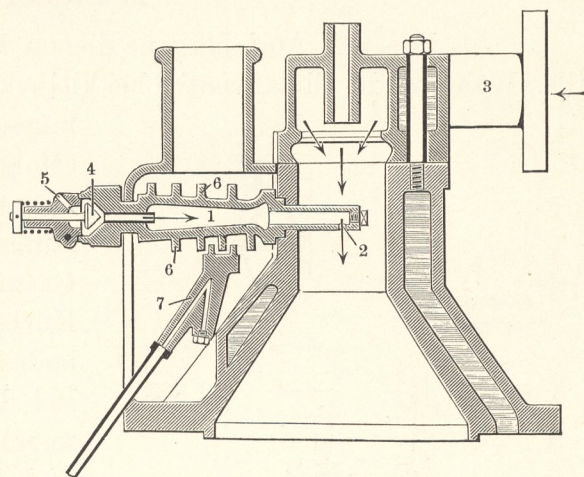


Fig. 216. Offener Petroleumvergaser.

### C. Einzelheiten der Verbrennungsmaschinen.

Der allgemeine Aufbau der Verbrennungsmaschine erinnert an den der Dampfmaschine. Da die Verbrennungsmaschine meistens einfachwirkend ausgebildet ist, sind Kolben und Kreuzkopf vereinigt, und die Kolbengleitfläche dient gleichzeitig als Geradführung, so daß sich die Anordnung einer besonderen Geradführung erübrigt. Der am einen Ende offene Zylinder wird am anderen Ende durch den Zylinderdeckel oder Kopf abgeschlossen, der einerseits als Verdichtungs- und Verbrennungsraum, andererseits zur Aufnahme der Ventile und Zündvorrichtung dient. Während der Zylinder der Dampfmaschine beheizt wird, muß der der Verbrennungsmaschine gekühlt werden.

#### 1. Mischvorrichtungen.

Wie schon hervorgehoben, ist es für die Zündfähigkeit der Ladung wichtig, daß Gas und Luft in bestimmtem Verhältnis gemischt werden. Unter den Mischungsverhältnissen, bei denen Zündung eintritt, gibt es eins, das sogenannte stärkste Gasgemisch, bei dessen Verbrennung in einem geschlossenen Raum der höchste Druck und die höchste Temperatur erzielt werden. Dieses Gemisch anzuwenden, ist nicht von Vorteil; denn durch die plötzlich mit großer Heftigkeit auftretende Drucksteigerung wird das Gestänge der Maschine ungünstig beeinflusst, auch erfordert hohe Temperatur eine kräftige Kühlung, durch die ein Teil der Wärme nutzlos fortgeführt wird. Man verwendet daher zweckmäßig zum Betriebe der Gasmaschinen gasarme Gemische und verdichtet diese möglichst hoch. Die Mischung erfolgt durch Mischventile, die vor der Maschine angeordnet oder mit dem Einlaßventil verbunden sind. Ein Mischventil erster Art zeigen Fig. 217 und 218. Bei der Ausbildung der Mischventile kommt es auf möglichst gute Vermischung des Gases mit der Luft an, zu welchem Zweck der Gasstrom in viele Strahlen zerlegt wird, die in den Luftstrom hineingeleitet werden. Bei dem dargestellten Ventil ist das Gaszuleitungsrohr 1 mit Schlitzen 2 und der auf ihm gleitende Ventilkegel 3 mit entsprechenden Schlitzen 4 versehen. Wird der Ventilkegel durch den Saughub der Maschine angehoben, so treten die durch die Schlitze 2 entstehenden Gasströme in die durch das Rohr 5 zuströmende Frischluft ein. Das Gemisch tritt dann durch die Schlitze 6 in den Raum 7, in dem zur Verbesserung der Durcheinanderwirbelung noch eine

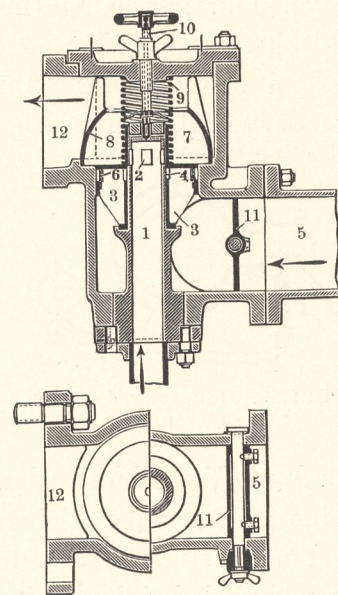


Fig. 217 und 218. Mischventil.