

für den Leuchtgasverbrauch für Beleuchtung zusammen und es kann somit das Gaswerk verhältnismäßig klein sein, um beiden Zwecken zu genügen; auch tritt hier bezüglich des Bedarfes an Arbeitskräften und Verwaltungskosten keine besondere Veränderung ein. Die Gesteuerungskosten setzen sich lediglich aus dem Brennstoffaufwande zur Gaserzeugung nach Abzug des Gewinnes für die Nebenprodukte (Koks, Teer, Ammoniak usw.) und der Mehrbenutzung des Werkes zum Betriebe des Wasserwerkes zusammen; dieselben belaufen sich je nach der Lage der Stadt und den anderen mitwirkenden Verhältnissen — Größe des Gaswerkes, Löhne usw. — auf etwa 5 bis 6 $\%$. Im Jahresmittel werden 4 bis 5 Proz., und zwar im Winter etwa 1 bis 1,5 Proz. und im Sommer etwa 24 Proz., der gesamten Gaserzeugung durch das Wasserwerk beansprucht, somit wird die Gasanstalt zu der Zeit, wo sie ihre höchste Leistung ausüben muß, nur eine ganz geringe Gaserzeugung für das Wasserwerk abgeben. Außerdem kann das Wasserwerk bei Tage arbeiten, während die Gasabgabe abends erfolgt, so daß die Beanspruchung der Gasanstalt gleich Null wird. Die Betriebsverhältnisse der Gasanstalten sind ohnedies im Sommer nicht günstig, so daß durch die Ausnutzung derselben durch das Wasserwerk eine Vermehrung und Gleichmäßigkeit der Gaserzeugung eintritt, wodurch eine günstige Rückwirkung auf die Gasanstalten bedingt wird. Von Vorteil ist ferner noch der verhältnismäßig geringe Anschaffungspreis eines Gasmaschinenpumpwerkes und die große Betriebsbereitschaft.

Wie bereits oben erwähnt, liegen die Verhältnisse beim Betrieb eines Elektrizitätswerkes mit Leuchtgas für den Maschinenbetrieb sehr ungünstig und der Wunsch, die Gasmaschinen unabhängig vom Leuchtgas der Gasanstalten zu machen und ein billiges Brennmaterial für dieselben zu schaffen, führte zum Betriebe der Kraftgasanlagen.

IV. Kraftgasanlagen.

Allgemeines, Erzeugung des Kraftgases, verschiedene Generatoren, Braunkohlenbriketts- und Torfvergasung. — Beispiele: 60 PS_e-Motor, betrieben durch einen Torfvergasungsgenerator.

Schon im vorhergehenden Kapitel ist auf die Bedeutung der Verwendung des Kraftgases für den Betrieb durch Gasmotoren hingewiesen worden. In einer Reihe von Städten bestehen heute noch Elektrizitätswerke und Blockstationen mit Leuchtgasbetrieb. Ein großer Nachteil dieses Betriebes ist, daß derartige Zentralstationen von einer anderen (der Gasanstalt) abhängen und zudem der zum Betriebe verwandte Rohstoff — das Leuchtgas — verhältnismäßig teuer ist; weitere Nachteile sind oben bereits erwähnt. Solche Stationen können nur unter besonders günstigen Voraussetzungen mit dem Dampftrieb in Wettbewerb treten.

Durch die Verwendung des billigen und in einfacher Weise herstellbaren Kraftgases zum Betriebe der Gasmotoren gestalten sich die Betriebsverhältnisse sehr günstig und die Ausdehnung der Elektrizitätswerke mit Kraftgas für den Maschinenbetrieb nimmt alljährlich zu und sind besonders in den letzten Jahren zahlreiche derartige Elektrizitätswerke erbaut worden und hat sich die Betriebsart immer mehr bewährt. Der Verbrauch an Brennmaterial, Anthrazit und Koks ist verhältnismäßig sehr gering; besonders in solchen Fällen, in denen die Kosten des Transportes der Kohle hoch sind, und auch da, wo zu wenig und kein brauchbares Wasser zu haben ist, bietet der Betrieb mit Kraft- oder Generatorgas große Vorteile. Ein Kraftgas, welches den genannten Bedingungen bis jetzt am besten entspricht, ist das Dowsongas, auch vielfach Generator- oder Kraftgas genannt, welches in der Mitte der 80 er Jahre in Deutschland zuerst von der Gasmotorenfabrik Deutz zum Betriebe von Motoren verwendet wurde.

Um die Kraftgasanlagen tunlichst einfach zu gestalten, muß das Abschlacken der Generatoren und Reinigen des erzeugten Gases einfach erfolgen können. Man war daher bis vor kurzem genötigt, aschenarmen reinen Kohlenstoff zum Betriebe zu verwenden, da das aus reinem Kohlenstoff erzeugte Gas nicht durch Kondensation die Rohrleitungen verschmutzt und bei der Verbrennung keine wesentlichen Rückstände in der Maschine bildet; es wurde somit Anthrazit, Koks oder Holzkohle zur Gewinnung des Kraftgases verwendet. In neuerer Zeit werden auch bituminöse Brennstoffe mit gutem Resultate verwendet, trotzdem dieselben bei der Vergasung Kohlenwasserstoffdämpfe bilden, welche als Paraffin oder Teer in den Rohrleitungen kondensieren und diese verstopfen können. Gebr. Körting wandeln diese Kohlenwasserstoffdämpfe bei der Entstehung in Wasserstoff- und Kohlenoxydgas um; diese sind permanent, nur unter bestimmten Druck- und Temperaturverhältnissen kondensierbar und bilden die Hauptbestandteile des Anthrazitgases; es existiert somit zwischen dem aus bituminösem Materiale — Braunkohle, Braunkohlenbriketts und Torf — erzeugten Gas und dem Anthrazitgas kein großer Unterschied. Ein Vorteil der Körtingschen Generatoren für bituminöse Brennstoffe ist die Ausscheidung der Asche bei einer unter dem Schmelzpunkt derselben liegenden Temperatur, wodurch die Bildung von Schlacken vermieden und die Verwendung von Brennmaterial mit verhältnismäßig hohem Aschengehalt möglich wird. Siehe hierzu und zu folgendem das Buch über Wasser und Kanalisationswerke von Gebr. Körting. Die Herstellung des Kraftgases aus Anthrazit und Koks erfolgt in einem senkrechten, feuerfest ausgemauerten Schacht, an dessen oberem Ende sich die Füllvorrichtung für das Brennmaterial und das Abzugsrohr, und am unteren Ende der Rost und die Luft- und Dampfzuführung befinden. Die Gaserzeugung geht vor sich, wie folgt: Das Brennmaterial wird auf dem Rost in solcher Höhe aufgetragen, daß der Sauerstoff der unter den Rost eingeführten Verbrennungsluft schon

verbraucht ist, sobald die letztere etwa ein Viertel der Brennstoffschicht passiert hat. Der Sauerstoff bildet hierbei Kohlensäure. Bei der Durchströmung der heißen Kohlensäure durch die noch darüber befindliche Kohlenmasse wird dieselbe sehr erhitzt, wobei sich die Kohlensäure durch Aufnahme von Kohlenstoff zu Kohlenoxyd — einem brennbaren Gase — anreichert. Durch Mischung der Verbrennungsluft mit Wasserdampf wird die Zerstörung des Generators und die Schlackenbildung vermieden. Der Wasserdampf zerfällt im Feuer in Sauerstoff und Wasserstoff, wodurch Asche, Mauerwerk und Rost stark gekühlt werden, die erzeugte gebundene Wärme erhöht als Heizwert des gewonnenen Wasserstoffgases den Nutzeffekt des Generators. Ferner wird durch den freiwerdenden Sauerstoff an Verbrennungsluft gespart und somit die Verdünnung des erzeugten Gases durch den Stickstoff der Luft verringert. Das so erzeugte Gas besteht aus folgender Zusammensetzung:

Wasserstoff	etwa 18 Proz.
Kohlenoxyd	„ 26 „
Kohlenwasserstoff	„ 2 „
Kohlensäure	„ 7 „
Stickstoff	„ 47 „

Das Gas enthält somit etwa 46 Proz. brennbare Bestandteile. Aus 1 kg reinen Kohlenstoffs erhält man etwa 5 cbm Kraftgas von etwa 1300 WE im Kubikmeter; je nach der Güte des Brennstoffes schwankt der Wärmeinhalt zwischen 1200 und 1500 WE pro Kubikmeter. Leuchtgas hat einen viermal so großen Wärmegehalt. Wie früher bereits erwähnt, werden aus 100 kg Kohlen nur etwa 30 cbm Leuchtgas erzeugt, während etwa 500 cbm Kraftgas aus derselben Brennstoffmenge erhalten werden. Da die Gasausbeute des Brennstoffes also bei diesem System sehr hoch und besonders vorteilhaft ist, da Nebenprodukte, wie bei der Leuchtgasfabrikation, nicht existieren, so wird dasselbe für den Gasmaschinenbetrieb besonders bevorzugt. Die Ausnutzung des Brennstoffes beläuft sich auf etwa 82 Proz. Der der Verbrennungsluft zuzusetzende Dampf wurde bisher durch kleinere Dampfkessel bewirkt, die Dampfstrahlgebläse, welche das Luftdampfgemisch dem Roste der Generatoren zuführten, betätigten. Das erzeugte Gas ist bei diesem Verfahren unter Druck und man kann sich durch eine Probierflamme jederzeit von der Beschaffenheit des Gases überzeugen; da ferner das Gas zu weiter entlegenen Verbrauchsstellen geführt werden kann, so wird es auch für andere Zwecke als für Gasmaschinenbetrieb verwendet. Die Erzeugung des Gases kann, wenn nötig, eine ununterbrochene sein. Ein Abschlacken des Rostes ist alle 5 bis 10 Stunden erforderlich. Das erzeugte Gas muß nach seinem Austritt aus dem Generator gekühlt und gereinigt werden. Um die Wärmeausnutzung möglichst vorteilhaft zu gestalten, wird das Gas zunächst durch das Röhrensystem des Winderhitzers geleitet, in dem es seine Wärme an die zur Verbrennung der Kohlen dienende Luft abgibt, diese also vorwärmt. Das

Gas nimmt sodann zu weiterer Wärmeentziehung seinen Weg durch den Speisewasservorwärmer. Behufs Reinigung von mitgenommener Asche und Teer tritt das Gas durch eine Wasservorlage und endlich durch einen Skrubber, ein hohes Gefäß aus Blech, welches bis oben mit Koks gefüllt ist; während letzterer von Wasser berieselt wird, strömt von unten das Gas durch denselben. Bei teerreichen Gasen wird außerdem noch ein Sägespänreiniger eingeschaltet.

Ein größerer Gasbehälter zur Aufspeicherung des Gases ist nicht erforderlich; es genügt eine verhältnismäßig kleine Reglerglocke, welche als Regulator zwischen Gasverbrauch des Motors und Gaserzeugung dient. Von der Glocke aus gelangt das Gas zum Motor.

Zur Vermeidung der besondern Wartung und staatlichen Beaufsichtigung und zur Befreiung von jeder Konzession war es erforderlich, den Hochdruckdampfkessel zu beseitigen, weshalb man seit mehreren Jahren zu dem Bau der Kraftgasanlagen ohne Dampfkessel bzw. zu den Sauggasanlagen übergegangen ist. Bei diesem System wird das Gas von den Generatoren durch die Gasmaschinen selbst angesaugt und die Wärme des abziehenden Gases zur Erzeugung des der Vergasungsluft zuzusetzenden Wasserdampfes, unter Weglassung des Dampfstrahlgebläses, verwendet. Die Sauggasanlagen werden teils als reine Sauggasanlagen und teils als kombinierte Saug- und Druckgasanlagen gebaut; bei den letzteren Anlagen ist hinter dem Skrubber ein Exhaustor, der das Gas vom Generator absaugt und es nach der Abnahmestelle unter Druck weiterleitet, anzubringen.

Der Generator (s. Fig. 34) ist aufgebaut aus einem eisernen Mantel, in dessen unterem Teil sich innen ein ringförmiger Vorsprung befindet. Dieser Ring trägt die feuerfeste Ausmauerung des Generators und den vom Generator umspannten Planrost. Zum Entfernen von Asche und Schlacken sind direkt über und unter diesem Ringe bzw. dem Roste Türen angebracht. Der untere — den Aschfall darstellende — Teil des Generators wird bei der Inbetriebsetzung zum Teil mit Wasser angefüllt, welches durch die Strahlungswärme des Feuers verdampft und die Verbrennungsluft somit befeuchtet. Als bald nach der, mit dem Generator zusammenhängenden und von dem erzeugten heißen Gase durchflossenen, erfolgten Erhitzung und Dampflieferung des Verdampfers zur Befeuchtung der Verbrennungsluft, ist eine Wassernachfüllung in den Aschfall nicht erforderlich. Oben am Generatorschacht befindet sich ein Trichter, wodurch die Höhe der glühenden Kohlenmenge ermittelt und durch welchen eine Anhäufung von Brennmaterial über der glühenden Masse ermöglicht wird, so daß das Brennmaterial successive nachrutscht und der Generator erst nach Verlauf mehrerer Stunden wieder beschickt werden muß. — Der Deckel des Generators ist mit doppeltem Verschlusse für den Fülltrichter versehen und ist für die größeren Typen mit Reinigungsluken ausgerüstet, durch welche die Schlacken vom Mauerwerke des Generators abgestoßen werden können; das Brennmaterial kann infolge des doppelten Verschlusses während des Betriebes nachgefüllt werden.

An den Generator schließt sich der Verdampfer an; derselbe besteht — je nach der Type — aus einem weiten oder mit vielen engen Heiz-

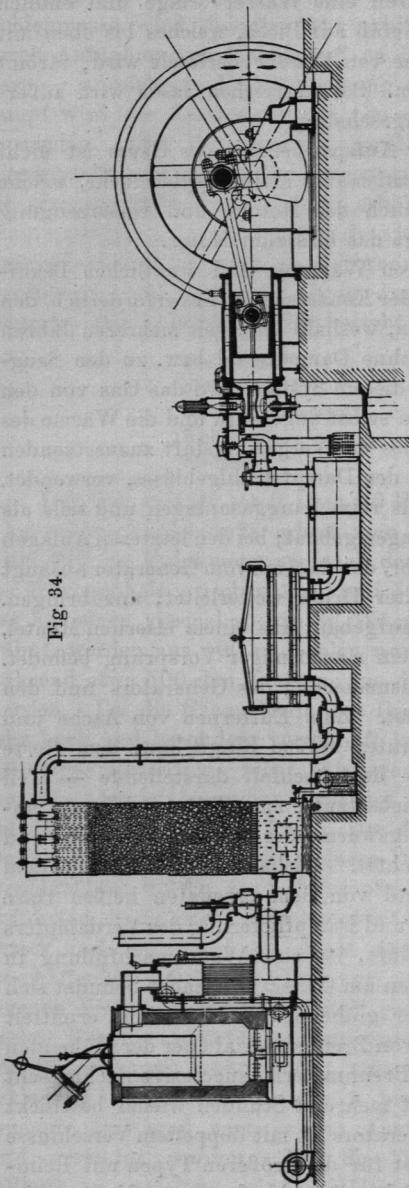


Fig. 34.

röhren versehenen Kessel, dessen Dampfraum mit dem Aschfall des Generators in Verbindung steht, so daß die erforderliche Verbrennungsluft durch diesen Dampfraum hindurchgesaugt wird und somit sich entsprechend mit Feuchtigkeit sättigt. Der soeben beschriebene Röhrenverdampfer wird bei Platzmangel durch einen doppelwandigen Deckel ersetzt, welcher — kochtopfartig — als Verdampfer wirkt. Ein Flügelventilator, welcher von Hand oder mechanisch angetrieben werden kann, bewirkt das Glühendwerden des Brennstoffes bei Inbetriebsetzung. Das durch den Wasserverdampfer gekühlte Gas wird im Skrubber gewaschen und gereinigt; durch ein Wechselventil in der Rohrleitung zwischen Skrubber und Generator kann das Gas ins Freie oder in den Skrubber strömen. Ersteres erfolgt während des Anblasens des Generators. Der Skrubber besteht aus einem guß- oder schmiedeeisernen zylindrischen Gefäß, welches bis zu einer gewissen Höhe mit Wasser gefüllt ist; direkt über der Wasseroberfläche tritt das Gas von der Seite her ein. Der obere Teil des Skrubbers ist mit Koks beschickt, über den sich vermittelst einer Verteilungsvorrichtung ein feiner Regen ergießt. Das Gas wird auf dem Wege zwischen den nassen Koksstücken gekühlt und gereinigt, und gelangt bei Austritt aus dem Skrubber in einen Wasser-

topf, woselbst das mitgerissene Wasser verbleibt, und ist, falls es aus bitumenfreiem Anthrazit gewonnen, betriebsfertig. Falls keine guten

Brennstoffe verwendet sind, so muß das Gas durch einen Sägespänerreiner, welcher in die Gasleitung eingeschaltet ist, gründlich gereinigt und getrocknet werden. Man kann somit auch unreinere Anthrazite und auch Koks verwenden, jedoch ist es zur Schonung der Maschine ratsam, große Reinigungsanlagen zu wählen.

Wie früher bereits erwähnt, hat die Vergasung derjenigen Brennstoffe, welche große Mengen Kohlenwasserstoffe enthalten — wie z. B. die Braunkohle und der Torf — für den Gasmaschinenbetrieb große Bedeutung erlangt. Die Förderbraunkohle ist wegen des hohen Wassergehaltes, etwa 70 Proz., und daher niedrigen Heizwertes — nur auf der Grube selbst zur Kraftgasgewinnung — wertvoll. Viel größere Bedeutung hat die Vergasung von Braunkohlenbriketts, die im Mittel nur einen Wassergehalt von etwa 12 Proz. und hohen Heizwert haben. Die Hauptschwierigkeit bestand jedoch in der Beseitigung der schweren Kohlenwasserstoffe — der Teer- und Paraffindämpfe —, welche bei ihrer Abkühlung Rohrleitungen, Reinigungsapparate und Maschine stark verunreinigen und durch welche ferner ein großer Wärmeverlust eintritt, da die Heizkraft dieser Nebenprodukte dem Gase entzogen wird.

Die Brikettgeneratoren sind so konstruiert, daß das Gas eine heiße Brennstoffschicht vor Verlassen des Generators durchströmen muß, so daß die Teer- und Paraffindämpfe in permanente Gase — Kohlenoxyd und

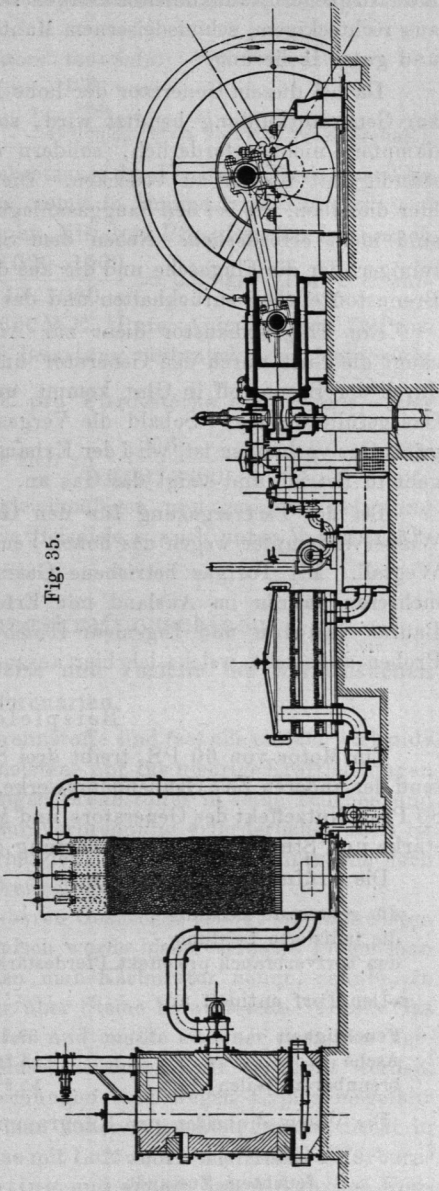


Fig. 35.

Wasserstoff — zerlegt und für die Vergasung brauchbar werden, ohne Ausscheidung von Teer und Paraffin bei späterer Abkühlung. Der Körtingsche Braunkohlenbrikettgenerator (s. Fig. 35) ist konstruiert aus rechteckigem, schmiedeisernem Mantel mit feuerfester Ausmauerung und guter Isolierung.

Da bei diesem Generator der hohe Feuchtigkeitsgehalt der Briketts zur Generatorkühlung benutzt wird, so ist die Aufstellung eines Verdampfers nicht erforderlich, sondern es genügt, den Aschfallboden ständig mit Wasser zu bedecken. Die Gasreinigungsapparate bleiben hier dieselben, wie bei den Sauggasanlagen; Teer- und Paraffinabscheider sind nicht erforderlich. Neben dem Skrubber besteht ein Sägespänerreiner, der die Flugasche und die aus dem Skrubber mitgeschleuderten Brennstoffteilchen zurückhalten und das Gas trocknen soll.

Ein Flügelexhaustor dient zur Anfeuerung des Generators und saugt die Luft durch den Generator und die Reinigungsapparate, wodurch der Brennstoff in Glut kommt und die Reinigungsapparate mit Gas gefüllt werden. Sobald die Vergasung soweit gebracht ist, daß gutes Gas vorhanden ist, wird der Exhaustor abgestellt und die Maschine geht in Betrieb und saugt das Gas an.

Bei der Torfvergasung für den Gasmaschinenbetrieb kommt der Wasserverdampfer wegen des hohen Feuchtigkeitsgehaltes des Torfes in Wegfall. Mit Torfgas betriebene Gasmotorenanlagen sind schon seit mehreren Jahren im Ausland mit Erfolg im Betriebe. Die Herren Baurat Sanolen und Ingenieur Hedberg in Schweden haben einige Proben angestellt, welche ich hier auszugsweise folgen lassen werde.

Beispiele:

Ein Motor von 60 PS_e treibt drei Stunden Förderwerke und während der anderen Zeit Grubenpumpwerke. Gebr. Körtling garantierten 80 Proz. Nutzeffekt des Generators und Maximum 2400 Kal. pro Pferdestärke und Stunde bei voller Belastung des Gasmotors.

Die Prüfungen ergaben für

die gebremste Leistung	66,9 PS,
die indizierte Leistung	82,3 „
den Torfverbrauch pro effekt. Pferdestärke und Stunde	1,12 kg Torf.

Der Torf enthielt an

Feuchtigkeit	39,71 Proz.	} in Summa 100 Proz.
Asche	4,38 „	
brennbaren Teilen	55,91 „	

Die Wärmeeinheiten pro Kilogramm betragen in

wasserfreier Probe	5141,
feuchtem Zustande	2689.

Aus diesen Daten resultiert ein Nutzeffekt von 81,3 Proz. und 3012 WE pro Pferdestärke und Stunde, was bei Umrechnung auf

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

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

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

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

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

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

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

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

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

V. Verbrennungskraftmaschinen.

1. Betriebsmittel, Wirkungsweise und Vorteile der verschiedenen Motorenarten.

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

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