

	bei einer Leistung von	6 PS _e	0,75 l	pro PS _e -Stunde
	„ „ „ „	12 „	0,52 „	„ „
	„ „ „ „	18 „	0,46 „	„ „
und	„ „ „ „	24 „	0,43 „	„ „ *)

Die Deutzer Gasmotorenfabrik gibt für ihre Spiritusmotoren einen Verbrauch an gewöhnlichem 90%igen Spiritus von 0,5 bis 0,4 kg pro PS_e-Stunde und 0,45 bis 0,35 kg bei Benzolspiritus mit 20% Benzolgehalt an.

Ein 14pferdiger Spiritusmotor der Deutzer Gasmotorenfabrik ergab bei den Versuchen bei voller, normaler und halber Belastung einen Verbrauch pro PS_e-Stunde von 0,445, 0,463 beziehungsweise 0,528 kg Handelsspirit (86,7 Gewichtprozenten Alkohol und 13,3 Gewichtprozenten Wasser), ferner einen Verbrauch von 0,422, 0,433 beziehungsweise 0,521 kg einer Mischung aus 9,12 Gewichtprozenten Benzol und 90,88 Gewichtprozenten Spiritus; endlich einen Verbrauch von 0,375, 0,385 beziehungsweise 0,480 kg einer Mischung aus 20,95 Gewichtprozenten Benzol und 79,05 Gewichtprozenten Spiritus.

Diesen Verbrauchsziffern entspricht somit eine durchschnittliche Wärmemenge pro PS_e-Stunde von 3100 bis 3200 W.E. beziehungsweise ein thermischer Wirkungsgrad von 0,26.

231. Die Gemischbildung. Die flüssigen Brennstoffe werden, je nach der Natur derselben, vor ihrer Mischung mit der zur Verbrennung erforderlichen Luft entweder in fein verteiltem Zustande mit einem kleinen Teile der Luft gemischt (zerstäubt), oder als feiner zur Verbrennung geeigneter Nebel oder verdampft beziehungsweise vergast, also in gasförmigem Zustande in den Cylinder eingeführt.

Die Einrichtungen zur Erzeugung des explosiblen Gemisches aus Benzin und Luft sind im allgemeinen zweierlei Art; entweder wird die für jede Ladung erforderliche Benzinmenge getrennt von dem Bezinivorrat durch die Luft zerstäubt, wobei es sich, namentlich wenn die zur Zerstäubung gelangende Luft vorher erwärmt wurde, so fein verteilt, daß die Mischung sofort zur Ladung der Maschine benützt werden kann, oder die Maschine saugt Betriebsluft direkt durch ein Benzinreservoir, wobei sich dieselbe mit Benzindämpfen sättigt und vor Eintritt in den Cylinder noch weiter in entsprechendem Verhältnisse mit Luft gemischt beziehungsweise verdünnt wird.

Jede dieser beiden Methoden hat ihre Vor- und Nachteile. Bei der ersten Methode ist es immerhin schwierig, den Bezinzufluß genau der wechselnden Leistung der Maschine anzupassen, doch arbeiten die gebräuchlichen Zerstäuber sehr verlässlich, benötigen ungemein wenig Raum und nahezu keine Bedienung; ihr Hauptvorteil besteht jedoch darin, daß man

*) A. v. Ihering, „Die Gasmotoren“, Leipzig 1901.

jede beliebige Ölsorte verwenden kann, während die andere Methode durch die Eigentümlichkeit des Benzins, aus ungleich flüchtigen Bestandteilen zusammengesetzt zu sein, nachteilig beeinflußt wird, da in dem Maße, als der Bezinorrat immer mehr und mehr aufgezehrt wird, ungleiche Mischungen entstehen und endlich Rückstände verbleiben, welche von der Luft nicht mehr aufgenommen werden.

Nachdem das Benzin schon bei der gewöhnlichen Temperatur der Luft so stark verdunstet, daß es mit derselben ein entzündbares Gemisch bildet, so bietet auch die Erzeugung einer explosiblen Ladung keine wesentlichen Schwierigkeiten.

Während früher die letztere Methode, also die Karburierung der Luft, vielfach angewendet wurde, weil sich hierbei die Erzeugung des Benzingases automatisch durch die Maschine selbst regelt, findet in neuerer Zeit mit Rücksicht auf den Umstand, daß jede Benzinsorte gleich vorteilhaft verarbeitet werden kann, also der Betrieb ökonomischer wird, die Methode der Zerstäubung des Benzins die ausgedehnteste Verwendung.

Die Ausführung der Zerstäuber ist sehr verschieden und läßt sich wohl schwer beurteilen, welche Zerstäubungsmethode die vorteilhafteste ist. Die Zerstäubung erfolgt jedoch durchwegs in der Weise, daß im Momente der Eröffnung des Einlaß- oder Mischventiles unter der Saugwirkung des Kolbens einerseits Luft, andererseits Benzin, unter dem Drucke einer genügenden Flüssigkeitssäule stehend, in den Mischraum eintreten, wobei das meist durch ein Ventil zerstäubte Benzin gegen die einströmende Luft stößt und auf diese Weise innig mit derselben gemischt in den Cylinder gelangt. Je nach der Form und Anordnung des Zerstäuber-ventiles tritt das Benzin entweder als feiner Schleier oder in einzelnen dünnen Strahlen gegen die Luft; je einfacher dieser eigentliche Zerstäubungsapparat ist, desto besser und verlässlicher funktioniert derselbe; Zerstäuber, bei welchen beispielsweise das Benzin gegen Flügelrädchen spritzt, die unter der Saugwirkung des Kolbens in rasche Umdrehung versetzt werden etc., sind daher weniger empfehlenswert.

Die Karburierapparate beruhen gleichfalls auf der Saugwirkung der Luft, indem das explosive Gemisch nur dann gebildet wird, wenn sich die Maschine in der Saugperiode befindet und die reine Luft durch den Apparat, beziehungsweise durch den in demselben enthaltenen Bezinorrat hindurchgesaugt wird.

Der Apparat, auch Gaserzeuger genannt, kann in nächster Nähe oder bis zu 20 m vom Motor entfernt aufgestellt werden; zweckmäßig ist es, denselben in einem vom Motor getrennten Lokale aufzustellen, so daß in der Nähe desselben nicht mit Licht etc. manipuliert wird; auch soll dieses

Lokal gut ventilierbar sein, damit sich nicht Benzindünste in größeren Mengen ansammeln können.

Es gibt verschiedene Konstruktionen von Karburierapparaten; dem Wesen nach bestehen jedoch alle aus einem cylindrischen, teilweise mit Benzin gefüllten Gefäße, in welches einerseits das bis nahe an den Boden reichende Luftzuführungsrohr, andererseits das Abführungsrohr, welches den Gaserzeuger mit dem Cylinder der Maschine verbindet, münden. Damit die Flamme im Momente der Entzündung aus dem Cylinder unter keinen Umständen in das Benzinglefäß zurückschlagen kann, also die Anlage absolut sicher ist, sind in die Gasleitung zur Maschine verschiedene Sicherheitsvorrichtungen, als Rückschlagventile, Sicherheitsventile etc., eingeschaltet.

Durch das Luftzuführungsrohr, dessen unteres Ende brausenartig oder in ähnlicher Weise ausgeführt ist, wird infolge der Saugwirkung des Kolbens und der über der Flüssigkeitssäule entstehenden Luftverdünnung die atmosphärische Luft gezwungen, das Benzin in fein verteiltem Zustande zu durchziehen und sich mit den Dünsten desselben zu sättigen. Das so gebildete Benzingas wird hierauf vor Eintritt in den Cylinder noch mit Luft im richtigen Verhältnisse gemischt.

Um die Wirkung des Apparates zu erhöhen und das Sättigungsvermögen der Luft unabhängig von der Witterung gleichbleibend zu erhalten, pflegt man die Luft, bevor sie durch den Apparat gesaugt wird, zu erwärmen; hierzu wird die Luft durch ein das Auspuffrohr mantelartig umgebendes kurzes Rohrstück geleitet, wodurch sie sich an den heißen Rohrwandungen genügend erwärmt.

Statt der Vorwärmung der Luft findet man auch Anwärmung des Benzins, um dessen Verdunstungsvermögen zu fördern. Zu diesem Zwecke ist das Benzinglefäß entweder von einem Mantel umgeben, durch welchen das von der Maschine ablaufende erwärmte Kühlwasser zirkuliert, oder man benützt die Abgase der Maschine zur Erwärmung, indem man das Benzinglefäß auf einen hohlen Sockel stellt, welcher mit dem Auspuffrohr der Maschine in Verbindung steht. Diese Vorrichtungen sind stets dann mit Vorteil anzuwenden, wenn der Karburierapparat in einem vom Maschinenorte getrennten und ungeheizten Lokale aufgestellt ist, also namentlich zur Winterszeit der Kälte ausgesetzt ist*).

Während das Benzin, wie bereits erwähnt, bei Temperaturen von 80° bis 100° C siedet und infolge seiner Leichtflüchtigkeit bei gewöhnlicher

*) Zeichnungen einiger Karburierapparate, sowie Skizzen von Zerstäubern siehe: Schöttler, *Die Gasmachine*, 1902; Musil, *Motoren für Gewerbe u. Industrie*, 1897; Knoke, *Die Kraftmaschinen des Kleingewerbes*, 1899; Lieckfeld, *Die Petroleum- und Benzinmotoren*, 1894, etc.

mittlerer Lufttemperatur verdunstet, d. h. mit Luft in innige Berührung gebracht, direkt ein für den Motorenbetrieb brauchbares explosives Gas bildet, bedarf das im Vergleiche mit Benzin schwerflüchtige Petroleum ganz anderer Mittel, um es zur Mischung mit Luft geeignet zu machen.

Petroleum kann nur durch genügende Erhitzung in den gasförmigen Zustand übergeführt werden; jeder mit Gemischladung arbeitende Petroleummotor erfordert daher einen Apparat, in welchem das Petroleum durch innige Berührung mit heißen Gefäßwänden vergast wird.

Zerstäubt man das Petroleum mittels Luftstrom, dann bildet sich ein Gemisch aus Luft und fein verteiltem Petroleum, welches entzündet nicht durch seine ganze Masse verbrennt; erhitzt man jedoch vorher das Petroleum so weit, daß es verdampft, dann mischt sich dieser Dampf innig mit atmosphärischer Luft und bildet ein zur Krafterzeugung vollkommen geeignetes explosives Gemisch.

Man erzeugt dieses Gemisch im allgemeinen in der Weise, daß man das flüssige Petroleum durch Luft zerstäubt und diesen Staub mit den erhitzten Wänden eines Vorraumes, des sogenannten Verdampfers oder Vergasers, in innige Berührung bringt und dann erst in den Arbeitscylinder einführt.

Dieses Gemisch folgt bezüglich seiner Entzündungsfähigkeit und Verbrennung denselben Gesetzen, wie die Mischung aus Gas und Luft; durch Verdichtung wird die Entzündbarkeit erhöht und können selbst Mischungen, welche bei atmosphärischem Drucke schlecht zünden, durch die Kompression das Entzündungsvermögen wieder erlangen; somit ist auch bei rascher und weitgehender Verdichtung die Selbstentzündung infolge der frei werdenden Kompressionswärme möglich, namentlich wenn durch schlecht wärmeleitende Gefäßwänden kein wesentlicher Wärmeverlust stattfinden kann.

Das Petroleum hat aber andererseits die Eigenschaft, aus Bestandteilen zu bestehen, die zwischen sehr weiten Grenzen, und zwar zwischen 170° und 300° C sieden. Es darf daher nicht der für eine bestimmte Betriebszeit dienende Petroleumvorrat im ganzen zum Sieden gebracht werden, sondern es muß das Petroleum nur in so kleinen Mengen, als der Stärke der einzelnen Ladung entspricht, dem Vorrate entnommen und für sich vergast werden. Die Vergaser müssen daher so eingerichtet sein, daß die jeder einzelnen Ladung entsprechende Petroleummengung während des Saughubes oder eines Teiles desselben vollkommen vergast wird; jedes mitgerissene, nicht vergaste Flüssigkeitsteilchen geht für die Kraftäußerung verloren und andererseits würde durch das sich im Cylinder, den Kanälen etc. ansammelnde flüssige Petroleum die Maschine sehr bald verschmutzt etc. und die Umgebung durch den üblen Geruch belästigt. Je stärker die Verschmutzung der Maschine ist, desto leichter treten Vorentzündungen

ein, da die Petroleum- und Schmierölrreste schlechte Wärmeleiter sind, welche als zähe Masse die Wandungen des Laderaumes überziehen und auch die Ausströmöffnungen verlegen, wodurch das Wärmeleitungsvermögen verringert und die Erhaltung der Kompressionswärme begünstigt wird, so daß durch die zunehmende Vorwärmung des Gemisches schließlich Vorzündungen eintreten.

Die Heizflächen der Vergaser müssen daher nicht nur genügendes Flächenausmaß und entsprechende Flächenanteile, sondern auch jene Temperatur besitzen, welche zur vollständigen Vergasung in verhältnismäßig so kurzer Zeit erforderlich ist. Nimmt man den durchschnittlichen Petroleumverbrauch kleinerer Maschinen mit nur 0,4 kg pro PS_e-Stunde an und setzt man eine mittlere Umlaufzahl von 200 pro Minute voraus, dann ist die Petroleummenge, welche der Maschine pro Ladung und PS_e zugeführt werden muß, ungefähr 0,08 cbcm; da ferner die Dauer eines Hubes 0,15 Sekunden beträgt, so muß innerhalb dieser Zeit die pro Ladung erforderliche Petroleummenge vollkommen vergast werden. Daraus allein ergibt sich schon als die günstigste Art und Weise der Mischung des Petroleums mit der Luft die Zerstäubung desselben durch die Luft selbst; dieses Gemisch aus Petroleumstaub und Luft wird infolge der Saugwirkung der Maschine durch den Verdampfraum getrieben, vergast und im genügenden Verhältnisse mit Luft gemengt in den Cylinder gesaugt.

Bei Konstruktion des Verdampfungsraumes muß darauf gesehen werden, daß die Bildung des Leidenfrost'schen Phänomens vermieden wird, damit die Vergasung der eingeführten Petroleummenge eine vollkommene sei. Liegende Flächen, ob eben oder gekrümmt, sind daher zu vermeiden, da sie die Tropfenbildung nur begünstigen; aus dem gleichen Grunde soll die Zerstäubung möglichst energisch sein, damit das Öl nur in ganz fein verteiltem Zustande mit den erhitzten Wandungen des Vergasers in Berührung kommt. Dem Petroleum kommt andererseits seine große Dünflüssigkeit, sowie sein Ausbreitungsvermögen sehr zu statten, weil hierdurch eine schnellere und gleichmäßigere Verdampfung ermöglicht wird; aus diesem Grunde eignet sich Gußeisen mit beibehaltener Gußhaut, in dessen porenreiche, rauhe Oberfläche das Petroleum eindringt und eine große Verdampffläche gewinnt, besser als glatte Wandungen.

Damit das Petroleum auf seinem Wege durch den Verdampfraum vollkommen vergast werde und mit Ende der Saugperiode keine Spur flüssigen Petroleums in demselben zurückbleibe, muß die Temperatur von mindestens 300° C (entsprechend dem Siedepunkte der am schwersten flüchtigen Bestandteile des Petroleums) im Vergaser erhalten bleiben. Die zur Vergasung erforderliche Wärmezufuhr kann entweder durch Erhitzung des Vergasers durch eine Heizflamme oder nach erfolgtem Anlassen der

Maschine durch die Abgase derselben erfolgen. Es gibt aber auch Vergaser, welche nur beim Anlassen der Maschine angewärmt, nachher jedoch durch die bei der Explosion erzeugte Wärme dauernd glühend erhalten werden. Zu den Vergasern dieser Art gehört z. B. der Vergaser des Hornsby-Akroid-Motors; zu den Vergasern, welche durch die Abgase geheizt werden, gehört der Vergaser von Dürr, Petréano u. a.

Das auf diese Weise gebildete Ladungsgemisch der Petroleummotoren muß nun, nachdem fast alle Ölmaschinen im Viertakt arbeiten, nicht nur während des Saughubes sondern auch während des Verdichtungshubes im Cylinder verbleiben, bevor es zur Verbrennung gelangt; diese Verhältnisse sind der Erhaltung des Gemisches als solches und der damit im engsten Zusammenhange stehenden ökonomischen Ausnützung des Brennstoffes nicht günstig. Nachdem ferner die Cylinderwandungen, welche als Gleitflächen für den Kolben dienen, innen geschmiert und außen durch Wasser gekühlt sind, so darf die Temperatur derselben niemals so hoch gesteigert werden, daß das Cylinderschmieröl, welches ja zum teil aus Mineralöl besteht, zu verdunsten beginnt, weil sonst Gefahr vorhanden ist, daß der Kolben nahe dem Verbrennungsraume trocken läuft. Die Temperatur von 300° C kann daher für die Cylinderwandungen nicht eingehalten werden und nachdem sich das Ladungsgemisch während der Dauer zweier Hübe im Cylinder aufhalten muß, bevor es entzündet wird, so ist eine, wenn auch nur geringe Abkühlung bezw. Niederschlagung der schwerflüchtigen Bestandteile des Petroleums an den Cylinderwandungen bei Viertaktexplosionsmaschinen unvermeidlich. Diese, wenn auch an und für sich geringfügigen Brennstoffverluste sind mit eine Ursache der wesentlich besseren Wärmeausnützung des Dieselmotors gegenüber den Explosionsmotoren.

Den unangenehmen Geruch gewöhnlicher Petroleummotoren kann man durch Einkapselung des vorderen Teiles der Maschine und Entnahme der Betriebsluft aus diesem Raume wesentlich vermindern.

Aus dem Gesagten geht somit hervor, daß die beste Ausnützung des Brennstoffes möglichst raschen Hubwechsel also hohe Umlaufzahl des Motors, hohe Kompression und hohe Kühlwassertemperatur erfordert. Andererseits müssen sich sämtliche mit dem Ladungsgemisch in Berührung tretenden Wandungen in einem möglichst gleichförmigen Wärmebeharrungszustande befinden; Regulierung durch Aussetzer ist daher speziell bei Petroleummotoren schlecht und sind die in neuerer Zeit erzielten, günstigeren Betriebsergebnisse auch auf den Umstand zurückzuführen, daß die heutigen Petroleummotoren nicht mehr mit Aussetzern sondern mit veränderlicher Ladung, aber Füllung nach jedem Viertakt, arbeiten. Gleiches gilt auch bezüglich der Spiritusmotoren. Durch den

Fortfall der Aussetzer wurde auch insofern eine Verbesserung der Wirkung der Maschine erzielt, als die auf die Aussetzer häufig folgenden Versager, sowie die schleppenden, mit zu geringer Kraftentwicklung verbundenen Verbrennungen vollkommen vermieden werden. Es treten bis zum Leerlauf der Maschine bei jeder Belastung derselben regelmäßige, in ihrer Stärke dem Kraftbedarfe der Maschine entsprechende Zündungen ein.

Durch diese Regulierung ist es auch möglich geworden, bei Petroleum- und Spiritusmotoren die Heizflamme des Vergasers zu ersparen, nachdem durch die regelmäßig wiederkehrenden Zündungen und Explosionen der Vergaser selbsttätig geheizt d. h. genügend heiß erhalten wird. Bei den Spiritusmotoren wurde durch diese eigenartige Regulierung außerdem noch die Vorwärmung der Luft durch das Ausströmrohr überflüssig, wodurch die Maschine baulich und in der Bedienung etwas vereinfacht wurde, da diese Art der Vorwärmung die Bedienung eines Umschalhahnes notwendig machte, um je nach Art des Betriebes und Brennstoffes mit mehr oder weniger warmer Luft arbeiten zu können.

Die Gemischbildung der Spiritusmotoren erfolgt auf gleiche Weise, wie bei den Petroleummotoren; es sind daher auch die Einrichtungen nahezu dieselben und die Maschinen zumeist so gebaut, daß sie mit Petroleum oder Spiritus arbeiten können. Die Zufuhr des Brennstoffes erfolgt entweder unter dem natürlichen Drucke eines entsprechend höher gelegenen Behälters oder durch eine kleine Brennstoffpumpe, die meist als einfachwirkende Plungerpumpe ausgeführt ist. Die Anwendung der Pumpe gewährt den Vorteil, daß sie gesteuert, also bei jedem wirksamen Saughube der Maschine eine genau abgemessene Petroleummenge zugeführt werden kann. Die Pumpe steht unter dem Einflusse des Regulators und zwar derart, daß bei zunehmender Geschwindigkeit der Maschine weniger Brennstoff, somit eine ärmere Ladung zur Wirkung gelangt. Diese kleinen Pumpen müssen so angelegt sein, daß sie nicht saugen, sondern denselben der Brennstoff unter Druck zufließt.

Um die Maschinen bei noch kalten Cylinderwandungen in Gang setzen zu können, wird denselben häufig eine Benzinanlaßvorrichtung beigegeben*).

232. Die Zündung. Während bei den Benzin- und Spiritusmotoren die elektrische Zündung fast ausschließlich verwendet wird, dienen zur Zündung der Petroleummotoren entweder von außen geheizte, offene, selten gesteuerte Glührohre oder es werden die Vergaser selbst als Zünd-

*) Zeichnungen und Beschreibung verschiedener Vergaser siehe die an früheren Stellen angeführte Litteratur über Gas- und Ölmaschinen, sowie die Berichte über Explosionsmotoren der Pariser Weltausstellung 1900 in der *Z. d. V. deutscher Ing.* 1901.