

E. Die Gleichdruckmaschinen.

Das Hauptkennzeichen der bisher beschriebenen Verbrennungsmaschinen war die plötzliche Verbrennung (Verpuffung) des Gemisches, die bei annähernd unverändertem Volumen erfolgte. Die Gleichdruckmaschinen unterscheiden sich hiervon dadurch, daß die Verbrennung der Ladung allmählich, bei annähernd unverändertem Druck, vor sich geht. Während also bei den Verpuffungsmaschinen das ganze für eine Arbeitsleistung erforderliche Ladungsgemisch sich vor der Zündung bereits im Zylinder befindet, erfolgt die Zündung bei den Gleichdruckmaschinen schon, wenn erst ein Teil des Brennstoffes in die im Zylinder vorhandene, verdichtete Luft eingeführt ist; der übrige Teil des Brennstoffes wird erst nach der Zündung zugeführt und verbrennt dann, ohne eine Drucksteigerung hervorzurufen. Ist die Verbrennung vollendet, so wird der Kolben infolge der Expansion der Verbrennungsgase weiterbewegt, wie bei den Verpuffungsmaschinen. In der Fig. 280 ist der Arbeitsvorgang an dem theoretischen Diagramm eines Viertakt-Dieselmotors gezeigt. Bei dem ersten Vorwärtshub 1—2 wird atmosphärische Luft in den Zylinder gesaugt, bei dem ersten Rückwärtshub 2—3 wird sie hoch verdichtet, und zwar bei dem Dieselmotor auf ungefähr 30 bis 35 at, wodurch ihre Temperatur auf über 600° C gesteigert wird. An diesem Punkte be-

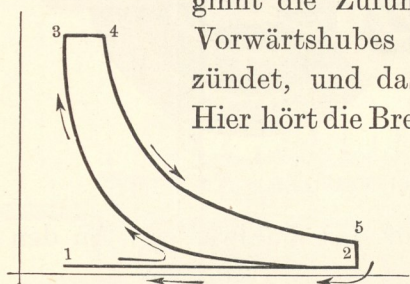


Fig. 280. Diagramm einer Gleichdruckmaschine.

ginnt die Zuführung des Brennstoffes, die während des Teiles 3—4 des zweiten Vorwärtshubes andauert. Durch die hochoverhitzte Luft wird der Brennstoff entzündet, und das Gemisch verbrennt, bis der Kolben am Punkt 4 angelangt ist. Hier hört die Brennstoffzuführung auf, und die heißen Verbrennungsgase expandieren

bis zum Hubende 5, wo das Auspuffventil geöffnet wird und die Gase ihre Spannung verlieren. Während des dann folgenden Rückwärtshubes 2—1 werden sie mit Außenluftspannung ausgetrieben, worauf das Spiel von neuem beginnt. Die Gleichdruckmaschinen können natürlich auch als Zweitaktmaschinen ausgeführt werden, wobei dann besondere Luftvorverdichtungspumpen oder gleichwirkende Einrichtungen vorgesehen sein müssen. Es sei schon hier bemerkt, daß die ersten Gleichdruckmaschinen nach dem Zweitaktssystem arbeiteten.

Die Gleichdruckmaschinen können mit gasförmigen, flüssigen und festen Brennstoffen betrieben werden, wobei letztere sich natürlich in staubförmigem Zustand, etwa von der Feinheit des Mehls, befinden müssen. Besonders die neueren Motoren, die nach dem System Diesel gebaut sind, haben den Vorteil, daß sie mit Rohölen aller Art, mit den Rückständen der Petroleumdestillation, wie Masut usw., betrieben werden können, deren Verdampfung sonst für den Betrieb der Verpuffungsmaschinen sehr große Schwierigkeiten macht.

Der erste betriebsfähige Gleichdruckmotor stammt von dem Amerikaner *Brayton* (1872/73), dessen nach dem Zweitaktverfahren arbeitende Maschine sowohl für Benzin- als auch für Gasbetrieb bestimmt war. Eine besondere Druckluftpumpe speiste einen Druckluftbehälter, aus dem die Luft, wenn der Arbeitskolben seine obere Totpunktstellung erreicht hatte, mit einem Druck von 4—5 at durch eine Benzinmischvorrichtung in den Arbeitszylinder strömte, wo sie durch eine ständig brennende Stichflamme entzündet wurde. Nach etwa 0,4 des Hubes wurde die Luft- und Brennstoffzuführung abgeschnitten, worauf die Expansion bis auf etwa 1 at erfolgte. Die Abgase wurden durch den rücklaufenden Kolben ausgetrieben. — Eine weitere Ausbildung des Braytonmotors ist die Gleichdruckmaschine „Eclipse“ von *Simon* und *Beechy* in Nottingham. Bei dieser 1878 in Paris ausgestellten Maschine wurde das Kühlwasser durch die Wärme der Abgase verdampft und dieser Dampf gleichzeitig mit dem Gasluftgemisch in den Arbeitszylinder geleitet. Andauernde Betriebsschwierigkeiten verhinderten die Einführung dieses Motors. — Auch Diesel versuchte im Anfang der 1890er Jahre die Anwendung seines Gleichdruckverfahrens auf Gasmaschinen, jedoch ohne Erfolg, da es nicht möglich war, die verschiedenen Ventile und Pumpen gegen den mindestens 50 at betragenden Gasdruck abzudichten.

Ein weiterer Fortschritt wurde 1887—90 von dem Engländer *Hargreaves* erzielt, der bei

seinem Gleichdruckölmotor, der besonders für schwere, billige Öle bestimmt war, die „Selbstzündung“ anwendete, also eine besondere Zündflamme entbehrlich machte. Bei diesem Motor wurde der Brennstoff in ein verdichtetes Luftdampfgemisch gespritzt, das in einem Überhitzer bis auf die Entzündungstemperatur des Öles erhitzt wurde. Dieser Motor scheint über das Versuchsstadium nicht hinausgekommen zu sein. Schließlich sei noch der Motor von *E. Capitaine* genannt, dessen Versuche aus besonderen Umständen abgebrochen wurden. Er ist deshalb besonders bemerkenswert, weil sich die Arbeiten Capitaines in derselben Richtung bewegten, die etwas später unabhängig hiervon von Diesel eingeschlagen wurde: möglichst hohe Verdichtung reiner Luft und Einblasung feinsten Petroleumstaubes in diese Luftmenge unter gleichzeitiger allmählicher Verbrennung dieses Gemisches.

Die ersten Veröffentlichungen über den *Dieselmotor* selbst stammen aus dem Jahre 1893, in dem der Ingenieur R. Diesel eine Schrift herausgab: „Theorie und Konstruktion eines rationalen Wärmemotors zum Ersatz der Dampfmaschine und der heute bekannten Wärmemotoren“. In dieser Schrift errechnet Diesel für seinen Motor einen thermischen Wirkungsgrad, der den des vollkommenen Carnot-Kreisprozesses noch übertrifft, der aber, wie Güldner nachgewiesen hat, unrichtig ist, da für die Verbrennungsgleichungen fehlerhafte Voraussetzungen gemacht sind. Die Grundbedingungen einer „vollkommenen Verbrennung“ sind nach dieser Schrift folgende:

1. Herstellung der höchsten Temperatur des Prozesses (der Verbrennungstemperatur) nicht durch die Verbrennung und während derselben, sondern vor derselben und unabhängig von ihr durch mechanische Kompression reiner Luft bzw. einer Mischung von Luft und indifferenten Gasen oder Dämpfen.
2. Allmähliche Einführung feinverteilten Brennstoffes in diese hochgradig verdichtete Luft während eines Teiles des Kolbenrückganges in der Weise, daß durch den eigentlichen Verbrennungsprozeß keine Temperatursteigerung der Gasmasse eintrete, daß also als Verbrennungskurve möglichst nahe eine Isotherme entstehe. Die Verbrennung darf also nach der Zündung nicht sich selbst überlassen bleiben, sondern es muß während ihres ganzen Verlaufes ein steuernder Einfluß von außen stattfinden, der das richtige Verhältnis zwischen Druck, Volumen und Temperatur herstellt.
3. Richtige Wahl des Luftgewichtes im Verhältnis zum Heizwert des Brennstoffes unter vorheriger Feststellung der Kompressionstemperatur, die gleichzeitig die Verbrennungstemperatur ist, derart, daß der praktische Gang der Maschine, die Schmierung usw. ohne künstliche Kühlung der Zylinderwände möglich ist.

Nach diesen Gesichtspunkten konstruierte Diesel einen 100pferdigen Kohlenstaubmotor, bei dem die Verbrennungsluft zunächst unter Wassereinspritzung isothermisch und darauf adiabatisch (d. h. ohne äußere Wärmez- und -ableitung) bis auf die der Entzündungstemperatur entsprechende Spannung verdichtet werden sollte. In diese verdichtete und daher hochgradig erhitzte Luft sollte Kohlenstaub in solcher Menge eingeführt werden, daß die Verbrennung ohne Temperaturzunahme (also isothermisch) verläuft. Die Brennstoffzuführung hörte nach einem bestimmten Teil des Hubes auf, worauf die adiabatische Ausdehnung der Gase bis zur Anfangsspannung erfolgen sollte. — Außer diesem „vollkommenen“ Motor beschrieb Diesel noch ein abweichendes Arbeitsverfahren, bei dem die Luft ohne die isothermische Vorkompression sogleich adiabatisch verdichtet werden sollte, so daß die Verbrennungstemperatur von 800° schon bei 90 at erhalten wird. Beide Motoren sollten ohne Wasserkühlung arbeiten; der Zylinder sollte durch Glas- oder Porzellanfutter gegen Wärmeausstrahlung geschützt werden. Für den praktischen Betrieb erwies sich aber ein Wassermantel bald als notwendig, was sich herausstellte, als die ersten Versuchsmotoren gebaut wurden; auch betrug die Verdichtung dieses mit Petroleum betriebenen Motors nur 40—45 at, also die Hälfte der für den abweichenden Motor bestimmten Spannung. Aus den Versuchen entwickelte sich dann allmählich das heute angewandte Arbeitsverfahren.

Der Dieselmotor in seiner heutigen Ausbildung muß als eine in thermischer Hinsicht höchst entwickelte Maschine der Neuzeit gelten; für die Benutzung flüssiger Brennstoffe ist er die

vollkommenste Verbrennungskraftmaschine der Gegenwart. Nach den neueren Versuchen beträgt die Ausnutzung des Brennstoffes 33—35 Proz. gegenüber 21 Proz. bei der Gaskraftmaschine (s. S. 95) und 13 Proz. bei den besten Dampfmaschinenanlagen mit Überhitzung (s. S. 56). Dies hat seinen Grund darin, daß der Brennstoff im Zylinder direkt verbrennt, ohne vorherige Umsetzung und ohne Rückstände zu hinterlassen. Infolge der starken Beanspruchung seiner Teile durch die hohe Verdichtung der Luft stellt der Dieselmotor hohe Anforderungen an den Fabrikanten hinsichtlich des Materials. Natürlich sind daher die Beschaffungskosten eines Motors hoch, sie werden aber gering wegen der großen Ersparnis an Betriebsstoff; z. B. gestaltet sich der Betrieb

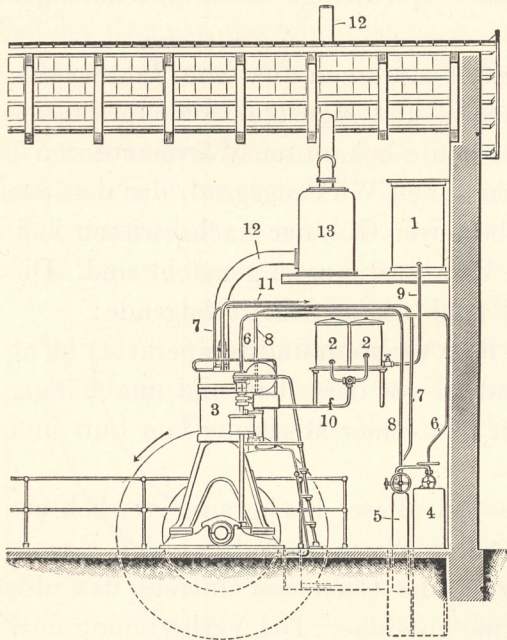


Fig. 281.

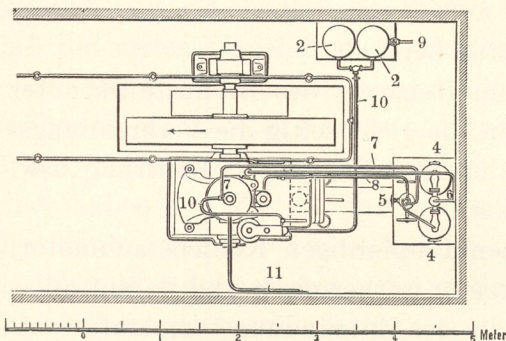


Fig. 282.

Fig. 281 und 282. Anordnung einer Dieselmotor-Anlage.

die Nebenerzeugnisse der Paraffingewinnung und der Kohlendestillation (Paraffin-, Solar-, Teeröle) verwendet werden. Da bei dem oben angegebenen Heizwert der Brennstoffverbrauch je nach der Größe des Motors bei normaler Belastung etwa 180—250 g für die effektive Pferdestärkenstunde beträgt, so stellen sich die Brennstoffkosten durchschnittlich auf $1\frac{1}{4}$ — $2\frac{1}{2}$ Pfennig pro Pferdestärkenstunde unter Zugrundelegung eines Brennölpreises von 7—10 Mark für 100 kg in Deutschland. Der Dieselmotor ist daher für Länder mit großen Petroleumfundstätten, wie Rußland und Nordamerika, von höchster Wichtigkeit.

In Fig. 281 und 282 ist die Gesamtanordnung einer Dieselmotor-Anlage von 40 PS der *Gebrüder Sulzer* in Winterthur und Ludwigshafen dargestellt; die Anordnung läßt gleichzeitig den geringen Raumbedarf erkennen. Der Brennstoff fließt von dem Vorratsbehälter 1 durch Rohr 9 zu den Filtriergefäßen 2, 2 und aus diesen durch das Rohr 10 zu der am Motor 3 angeordneten Brennstoffpumpe. Die zum Anlassen erforderliche Luft befindet sich in den Gefäßen 4

eines Torpedobootes mit Dieselmotoren selbst bei Anwendung von Blauöl $3\frac{1}{2}$ mal billiger als beim Dampftrieb. Da ferner sich die Gewichte von Kohle und Öl verhalten wie 3:2, die in den Brennstoffen enthaltenen Wärmemengen wie 7500:10000, so würde sich der Aktionsradius (die mit einem bestimmten Brennstoffvorrat zurücklegbare Wegstrecke) erheblich vergrößern; denn die Dampfmaschinenanlage verbraucht für 1 Pferdestärkenstunde etwa 0,6 kg Kohle, der Dieselmotor 0,2 kg Rohöl. Die sonstigen Vorzüge des Dieselmotors gegenüber den Dampfmaschinen (sofortige Betriebsbereitschaft, Verbrauch von Betriebsstoff nur während der Arbeitsleistung usw.) sind dieselben wie bei den Verpuffungsmaschinen; er unterscheidet sich von letzteren noch vorteilhaft dadurch, daß, während alle Verpuffungsmaschinen bei halber Belastung erheblich mehr Brennstoff verbrauchen als bei voller, bei ihm der Brennstoffverbrauch bei weitem nicht in dem Maße von der Belastung abhängig ist (s. Tabelle S. 143).

Das Dieselfverfahren bietet den Vorteil, daß außer Benzin und Petroleum auch schwer entzündliche Ölsorten verwendet werden können; es steht infolgedessen für den Dieselmotor eine große Auswahl von billigen flüssigen Brennstoffen zur Verfügung, die durchschnittlich einen Heizwert von 10000 WE besitzen. In erster Linie kommen in Betracht die rohen Erdöle und die Erdölrückstände (Rohnaphtha und Masut), ferner die sogenannten Gasöle, d. h. die Zwischenprodukte der Ölraffinerien, aus denen die leichtesten Bestandteile, wie Benzin und Lampenpetroleum, ausgeschieden sind. Außerdem können

und geht durch Rohr 6 zum Anlaßventil; die in der Flasche 5 befindliche Druckluft dient zum Einblasen des Brennstoffes in den Zylinder (Rohr 7). Das Kühlwasser, dessen Zufluß aus den Figuren nicht ersichtlich ist, wird durch das Rohr 11 abgeführt. Die Abgase gehen durch Rohr 12, in das ein Schalldämpfer 13 eingeschaltet ist, ins Freie. Die zum Anlassen und zur Brennstoffzuführung erforderliche Druckluft (40—50 at) wird von einem mit dem Motor gekuppelten Kompressor erzeugt und durch das Rohr 8 der Flasche 5 zugeführt. Fig. 283 zeigt das Schaubild desselben Motors, in dem 1 der Saugtopf, 2 das Brennstoffventil, 3 die Brennstoffpumpe, 4 der Kompressor und 5 der Regler für die Brennstoffzuführung ist.

Die Dieselmotoren werden in allen Größen bis zu 2000 PS mit einem, zwei oder mehr Zylindern nach dem Zwei- oder Viertaktsystem gebaut. Sie werden meistens stehend ausgeführt, und zwar mit und ohne Kolbenstange; im letzteren Falle steht die Schubstange mit einem im Massenschwerpunkt des hohlen und nach unten offenen Kolbens angeordneten Zapfen in gelenkiger Verbindung.

In den Fig. 284—290 ist ein nach dem Viertaktverfahren arbeitender *Zweizylindermotor* von 120 PS der Grazer Waggon- und Maschinenfabrik A.-G. dargestellt; Fig. 284 und 285 zeigen die Maschine in Ansicht und Schnitt; Fig. 286 und 287 das Brennstoffeinlaßventil in senkrechtem und wäge-

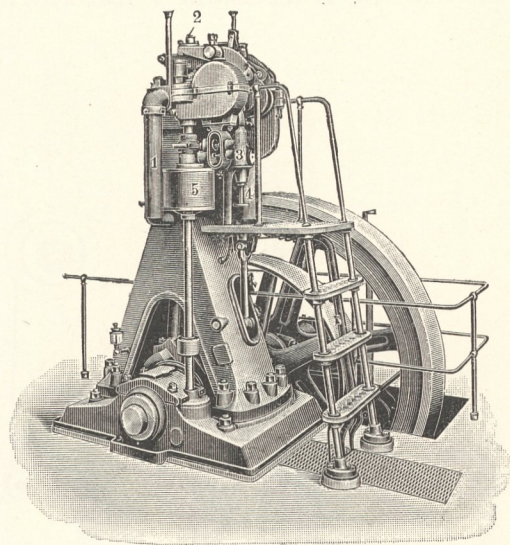


Fig. 283. Dieselmotor.

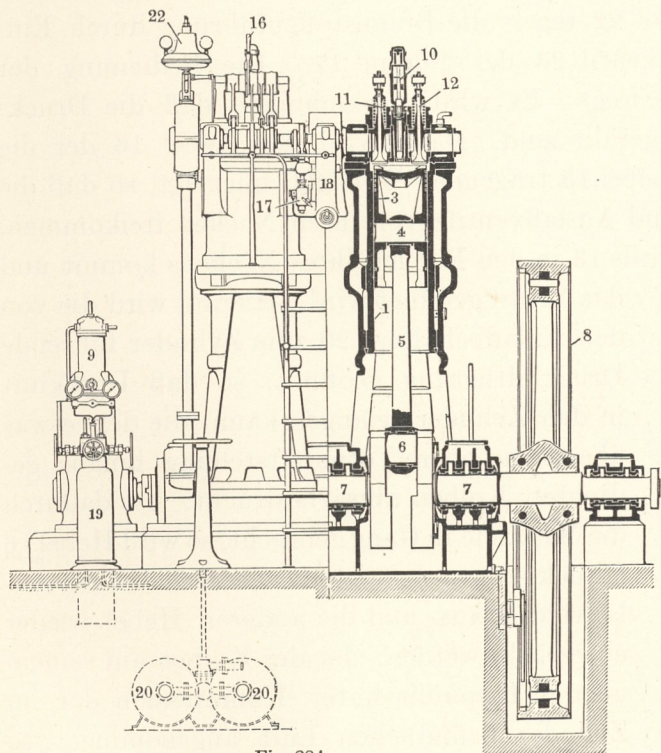


Fig. 284.

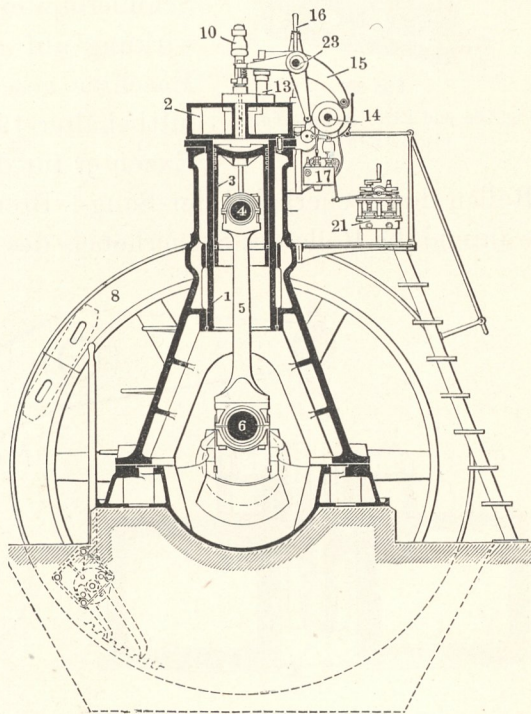


Fig. 285.

Fig. 284 und 285. 120-PS-Zweizylindermotor der Grazer Waggon- und Maschinenfabrik.

rechtem Schnitt; Fig. 288 das Saug- bez. Auspuffventil im Schnitt; Fig. 289 und 290 die Brennstoffpumpen in Ansicht und Schnitt. Der im Zylinder 1 gleitende Kolben 3 ist in seiner oberen Totpunktstellung gezeichnet; er überträgt seine Bewegung durch die an dem Zapfen 4 angreifende Schubstange 5 und den Kurbelzapfen 6 auf die Kurbelwelle 7, auf der das Schwungrad 8 sitzt. Die Luftpumpe 9, die als Verbundkompressor ausgebildet ist, wird von dem einen Wellenende mittels Kreuzscheibenkuppelung angetrieben; Nieder- und Hochdruckzylinder

liegen senkrecht übereinander, und ihr Ansaugvolumen beträgt nur etwa $\frac{1}{30}$ des Arbeitszylinder- raumes. Auf dem Zylinderdeckel 2 sind die Ventile 10, 11, 12 und 13 untergebracht, und zwar sind 10 das Brennstoffventil (Fig. 286, 287), 11 und 12 die Saug- und Auspuffventile (Fig. 288) und 13 das Anlaßventil. Die Bewegung der Ventile erfolgt von der Steuerwelle 14, die von der Kurbelwelle 7 mit einem Übersetzungsverhältnis 1 : 2 angetrieben wird und Nocken-

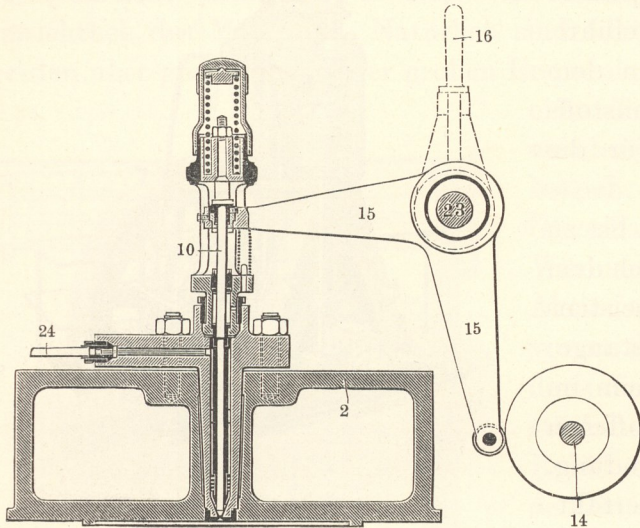


Fig. 286.

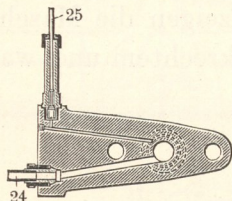


Fig. 287.

Fig. 286 und 287. Brennstoff- einlaßventil.

Pumpen saugen. 19 ist die Flasche für die Einspritzluft, 20 die Behälter für die Anlaßluft und 21 die ebenfalls von Steuerwelle 14 angetriebene Schmierölpumpe. Regler 22 regelt die Brennstoffzuführung durch Einwirkung auf das Saugventil 26 der Pumpe 17. Die Bedienung der Maschine geschieht wie folgt: Es wird angenommen, daß die Druckluftbehälter 19 und 20 gefüllt sind. Dann wird der Hebel 16 der die Exzenter für die Ventilhebel 15 tragenden Welle 23 umgelegt, so daß die

Rollen der Steuerhebel der Saug-, Brennstoff- und Auslaßventile von ihren Nocken freikommen, während die Rolle des Steuerhebels des Anlaßventils 13 in den Bereich ihres Nockens kommt und

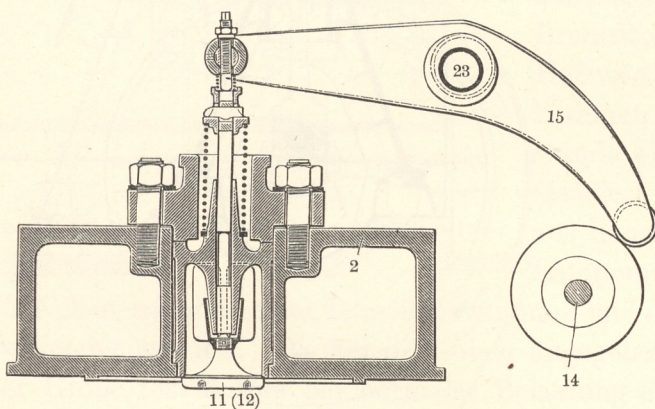


Fig. 288. Saug- bzw. Auspuffventil.

das Ventil geöffnet wird. Hierauf wird die von den Anlaßbehältern 20 zum Zylinder führende Druckluftleitung geöffnet, so daß Druckluft in den Zylinder gelangen kann, die den etwas über seine obere Totpunktstellung hinaus gedrehten Kolben abwärts drückt. Ist dadurch die Maschine in Gang gebracht, so wird Hebel 16 zurückgelegt, wodurch der Steuerhebel des Anlaßventils aus- und die anderen Hebel wieder eingerückt werden. Ist der Kolben auf seinem oberen oberen Totpunkt unter Kompression der im Zylinder befindlichen Luft angekommen, so öffnet sich das Brennstoffventil, und die durch

das eine Rohr 24 (Fig. 287) in das Ventil eintretende, von der Einspritzflasche 19 kommende Druckluft reißt die durch das andere Rohr 25 von der Brennstoffpumpe 17 zgedrückte Brennstoffmenge mit sich in den Zylinder, wo sie infolge der hohen Temperatur der verdichteten Luft entzündet wird und verbrennt, wie bereits früher beschrieben ist. Das Anlaßventil ist, solange die Maschine läuft, außer Tätigkeit. Bei Belastungsschwankungen wirkt Regler 22 unter Vermittelung der Welle 29 (Fig. 289, 290) und des Stempels 27 auf das durch eine nicht dargestellte Feder ständig in Schlußstellung gehaltene Saugventil 26 der Pumpe. Wird

die Maschine nicht voll belastet, so wird das Ventil 26 während eines Teiles des Druckhubes durch den Stempel 27 offengehalten und der Brennstoff wieder in den Behälter 18 zurückgedrückt. Auf diese Weise gelangt weniger Brennstoff durch das Druckventil 30 in die zum Brennstoffeinlaßventil 10 führende Leitung 25.

In ähnlicher Weise wie die eben beschriebene Maschine sind die meisten Dieselmotoren konstruiert. Die Konstruktionsunterschiede betreffen meistens die Art der Steuerung, die Bauweise der Ventile, die Anordnung der Luft- und Brennstoffpumpen usw. Im Prinzip der Maschine wird, solange es sich um Viertaktmaschinen handelt, nichts geändert. Bei dem *Güldnermotor*, der von der Güldner-Motorengesellschaft in Aschaffenburg gebaut wird, ist die Steuerwelle nicht oben am Zylinder, sondern in dem schweren Gestellbalken gelagert; der Zylinder selbst hat keine seine genaue Bearbeitung und regelmäßige Wärmeausdehnung störenden Angüsse, der Zylinderdeckel nebst Ventilen, Rohranschlüssen liegt vollkommen frei. Die Daumenscheiben, Steuerhebel, Gleitrollen, Bolzen laufen in einer eigenen Triebwerkskammer ständig unter Schmieröl und sind daher vor Staub und Verschleiß geschützt (vgl. hierzu Fig. 255). Die Druckluftpumpe ist als selbständiger freistehender Zweistufenkompressor durchgebildet, der entweder direkt mit der Motorwelle gekuppelt ist oder durch Riemen angetrieben wird. Die *Ausbildung des Dieselmotors, wie er von der Maschinenfabrik Augsburg-Nürnberg gebaut wird, zeigt das Klappmodell des Dieselmotors.*

In der nachstehenden Tabelle sind die Ergebnisse der Untersuchung eines 200-PS Dieselmotors mit Schwungradynamo, der von den Gebrüdern Sulzer in Winterthur geliefert worden ist, zusammengestellt. Der dreizylindrige Motor hat eine Bohrung von 380 mm bei 560 mm Hub.

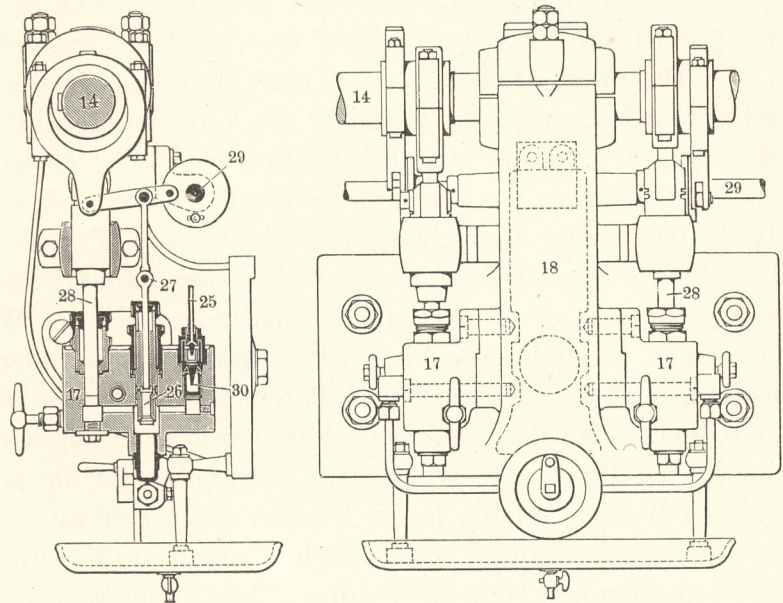


Fig. 289 und 290. Brennstoffpumpe mit Regelungsvorrichtung.

Versuche	I	II	III	IV	V	Leerlauf
Belastung	max.	1/1	3/4	1/2	1/4—1/5	
Dauer des Versuches in Minuten	47 ¹ / ₆	72 ¹ / ₆	59	40 ¹ / ₁₀	37 ¹ / ₄	14 ² / ₃
Tourenzahl in der Minute	185,8	188,2	190,0	190,0	191,5	186,0
Mittlerer indizierter Druck kg/cm ²	7,97	6,93	5,81	4,41	2,98	1,92
Indizierte Gesamtleistung in PS	303,5	264,0	225,0	167,5	112,2	60,8
Effektive Leistung in PS	235,0	199,5	156,0	101,5	47,6	—
η des Motors = $\frac{P_{Se}}{P_{Si}}$	0,775	0,755	0,695	0,606	0,424	—
Brennstoffverbrauch für die P _{Si} -Stunde in g	146,5	141,8	135,5	134,0	143,5	134,0
- - - P _{Se} -Stunde in g	189,0	188,0	196,0	221,0	338,0	—

Wegen seiner großen Vorzüge hat sich der Dieselmotor in sehr vielen Betrieben eingebürgert und teilweise nicht nur die Dampfmaschine, sondern auch die Generatorgasmaschine verdrängt. Den Bemühungen der Maschinenfabriken ist es auch gelungen, brauchbare Dieselmotoren für den Schiffsantrieb herzustellen. Besonders in Rußland, wo schon seit langer Zeit die Rückstände der Petroleumdestillation als Heizmaterial für die Schiffskessel benutzt wurden, war die Einführung der Dieselmotoren für den Schiffsbetrieb gewissermaßen eine Notwendigkeit. Hierbei waren die Konstrukteure vor die Aufgabe gestellt, den Motor den beim Schiffsbetrieb vorhandenen Bedingungen anzupassen, die ganz andere sind wie bei ortfesten Maschinen. Außer der Beschränkung

in bezug auf den für die Unterbringung vorhandenen Raum sind es vor allem die Veränderbarkeit der Umdrehungszahl und die Umsteuerbarkeit der Maschine für die Rückwärtsfahrt, die den Schiffsmotor grundsätzlich von dem Landmotor unterscheiden. In Rußland ist der erste Dieselmotor schon 1904 auf dem Schiffe „Sarmat“ der Genossenschaft Gebrüder Nobel eingebaut worden; er war noch 1909 im Betrieb. Es waren zwei ortfeste Motoren von 310 mm Zylinderdurchmesser, 420 mm Hub und 240 Umdrehungen in der Minute, die je eine Schraube antrieben. Auch für Raddampfer sind Dieselmotoren verwendet worden; natürlich mußte hier eine Übersetzung der Maschinenumdrehungen ins Langsame erfolgen. Seitdem hat der Dieselmotor in Rußland für den Schiffsantrieb eine große Verwendung gefunden. Die deutschen Reedereien und Werften sind in den letzten Jahren ebenfalls dieser Frage nähergetreten, so daß auch hier bereits fertige Ausführungen vorliegen, wenn auch erst für kleinere Fahrzeuge.

Die Motoren selbst entsprechen konstruktiv den ortfesten Maschinen; sie können ebenso wie diese als Vier- und Zweitaktmotoren ausgebildet sein, werden möglichst leicht gebaut und haben, wenigstens bei Schraubenschiffen, eine erheblich größere Umdrehungszahl.

Die Frage der Veränderung der Umdrehungszahl und -richtung ist zuerst von Del Proposto gelöst worden, und zwar geschieht die Veränderung auf indirektem Wege unter Verwendung der Elektrizität. Auf der geteilten Schraubenwelle sitzen neben dem Dieselmotor eine Dynamo und auf dem anderen, die Schraube tragenden Wellenende ein Elektromotor, wobei zwischen beiden Wellenteilen eine Kuppelung eingeschaltet ist. Für die gewöhnliche Fahrt voraus arbeitet der Dieselmotor unmittelbar auf die Welle; zum Manövrieren oder Rückwärtsfahren wird die Kuppelung gelöst und der Elektromotor angestellt, der nach Wunsch vorwärts und rückwärts und mit beliebiger Umdrehungszahl arbeiten kann. Eine andere Art der Umsteuerung wird von der Kolonnaer Maschinenfabrik nach Patent Koreiwo ausgeführt. Die Umdrehungen des Motors werden hierbei entweder durch Winkelzahnräder für die eine oder für die andere Richtung durch zwei durch eine Morsekette verbundene Stirnräder auf die Schraubenwelle übertragen. Die auf der zweiten Welle sitzenden Räder können durch Schlüpfkuppelungen jede für sich mit dieser Welle fest gekuppelt werden. Schließlich könnten auch Schrauben mit verstellbaren Flügeln für den gleichen Zweck verwendet werden. Alle diese Anordnungen umgehen aber nur die Frage der Umsteuerbarkeit und machen die Anlage nur kompliziert, wenn sie auch besondere Vorteile aufweisen, indem sowohl bei der elektrischen als auch bei der Schlüpfkuppelung jede beliebige Umdrehungszahl angestellt werden kann. Vor allem sind sie zu schwer, und dieser Umstand kommt bei Schiffsmaschinen ganz besonders in Betracht. Deshalb war der Dieselmotor erst dann für den Schiffsbetrieb brauchbar, nachdem es gelungen war, ihn direkt umsteuerbar zu machen. Der erste *umsteuerbare Dieselmotor* (eine Zweitaktmaschine) wurde von Gebr. Sulzer auf der Mailänder Ausstellung 1906 gezeigt; es war ein Unterseebootsmotor von 120 PS und 400 Umdrehungen in der Minute und besaß drei Zylinder. Er hatte einen Hartungregler, der gestattete, die Umdrehungszahl von 400 auf 275 zu ermäßigen; die weitere Verminderung bis auf 120 wurde mit der Hand durch Veränderung der Füllung bewirkt. Die Umsteuerungsvorrichtung bestand darin, daß auf der Steuerwelle für jeden Zylinder zwei Satz Nockenscheiben auf einer Hülse angeordnet waren, die mittels eines Handrades so verschoben werden konnten, daß für den Vorwärtsgang der eine, für den Rückwärtsgang der andere Nockensatz unter die Steuerhebel geschoben wurde. Das für die Umsteuerung erforderliche Abheben der Steuerhebel von ihren Nocken geschah mittels Handhebels.

Bei dem schnellen Fortschritt in der Anpassung des Dieselmotors an die vielseitigen Bedürfnisse des Schiffsantriebes ist die Verwendung des Dieselmotors als Antriebsmotor auch für größere und größte Schiffe nur noch eine Frage der Zeit, besonders da eben die Ersparnis an Betriebsstoff gegenüber der Dampfmaschinenanlage so sehr bedeutend ist.