

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.

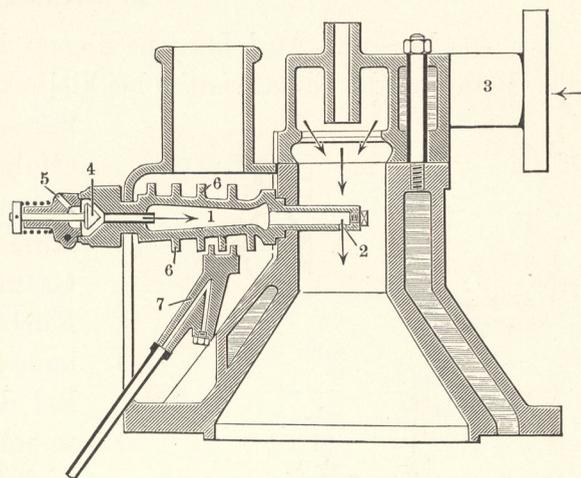


Fig. 216. Offener Petroleumvergaser.

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 Geradföhrung, so daß sich die Anordnung einer besonderen Geradföhrung 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 geköhlt 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 Köhlung, durch die ein Teil der Wärme nutzlos fortgeföhrt 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

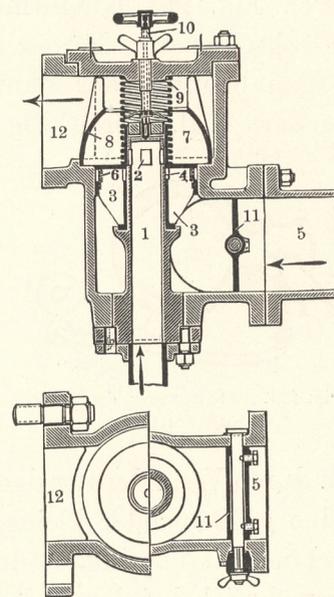


Fig. 217 und 218. Mischventil.

Glocke 8 vorgesehen ist. Die Feder 9 dient zum Aufpressen des Ventils 3 auf seinen Sitz und die Schraube 10 zum Einstellen seiner Hubhöhe. Zur Regelung des Luftzuflusses ist außerdem noch eine Drosselklappe 11 vorhanden. An den Stutzen 12 schließt sich die zum Einlaßventil der Maschine führende Leitung. Ein vor der Maschine angeordnetes Mischventil zeigt ferner noch Fig. 224 sowie das Klappmodell der Gasmaschine. Auf die mit dem Einlaßventil verbundenen Mischventile (siehe z. B. Fig. 223, 225) soll bei den Steuerungen näher eingegangen werden.

2. Steuerung und Regelung.

Als Ein- und Auslaßorgane dienen bei den Verbrennungsmaschinen fast ausnahmslos Ventile. Während die Einlaßventile bei kleinen, langsam laufenden Maschinen selbsttätig sein können,

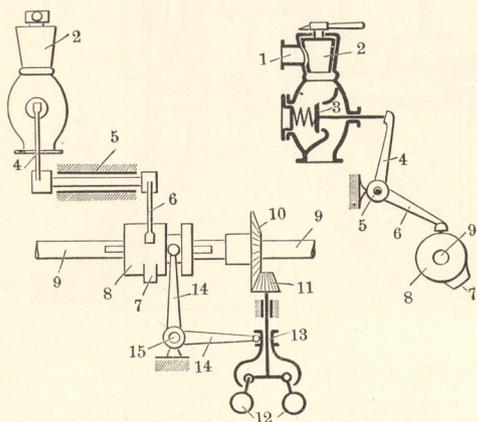


Fig. 219 und 220. Nockensteuerung des Einlaßventils und Aussetzerregulierung.

müssen die Auslaßventile gesteuert werden. Die Steuerung erfolgt sowohl durch Exzenter als auch durch Nocken, die auf einer parallel oder senkrecht zu der Zylinderachse verlaufenden Welle (vgl. Fig. 252 und die Klappmodelle der Gasmaschine und des Dieselmotors) sitzen und von der Kurbelwelle meistens unter Vermittelung eines in einem Ölbad laufenden Schraubenrädergetriebes angetrieben werden. Bei den Viertaktmaschinen dreht sich die Steuerwelle halb so schnell wie die Kurbelwelle; bei den Zweitaktmaschinen sind die Umdrehungszahlen beider gleich.

In neuerer Zeit wird lebhaft daran gearbeitet, namentlich bei den schnellaufenden Motoren die Ventile durch Schieber zu ersetzen. Diese werden teilweise als Kolbenschieber ausgebildet, denen eine hin und her gehende (vgl. Fig. 263 Knightmotor) oder eine Drehbewegung erteilt wird, teilweise aber auch als Flachschieber. Ferner wird bei den Zweitaktmaschinen oft der Kolben selbst als Steuerorgan benutzt, der dann die in der Zylinderwandung vorgesehenen Ein- und Auslaßschlitze steuert (vgl. hierzu Fig. 271 Öchelhäusermaschine; Fig. 276 Grademotor).

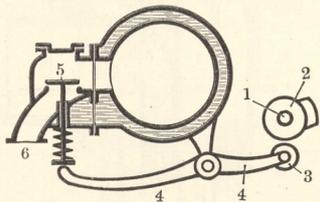


Fig. 221. Steuerung des Auspuffventils.

Die Regulierung der Gasmaschinen, d. h. die Veränderung ihrer Leistung entsprechend dem jeweiligen Arbeitswiderstand der angetriebenen Maschinen, kann in verschiedener Weise bewirkt werden: 1. durch sogenannte *Aussetzer*. Indem Verbrennungen ausfallen, wird während eines ganzen, sonst unter Arbeitsverrichtung verlaufenden Hubes keine Arbeit geleistet; 2. durch Veränderung der Zusammensetzung des Gas- und Luftgemisches (*Qualitätsregulierung*). Ein gasarmes Gemisch leistet bei der Verbrennung weniger als ein gasreiches; 3. durch Veränderung der Füllung des Zylinders (*Quantitätsregulierung*). Je nachdem im Zylinder eine größere oder kleinere Menge des Gas-Luftgemisches zur Verbrennung gelangt, ist die Maschinenleistung höher oder niedriger. Für die Zweitaktmaschinen kommen die Regulierverfahren gewöhnlich bei der Ladepumpe zur Anwendung (s. Fig. 228).

Fig. 219 und 220 zeigen schematisch das Beispiel einer Nockensteuerung für das Brennstoffeinlaßventil und einer Aussetzerregulierung. 1 ist der Anschlußstutzen für die Gasleitung und 2 das Absperrventil. Durch das gesteuerte Ventil 3 gelangt das Gas zu der Mischvorrichtung, in der es mit Luft gemischt wird. Die Steuerung des Ventils 3 erfolgt von der Steuerwelle 9 aus, die von der Kurbelwelle mit einem Übersetzungsverhältnis 1:2 angetrieben wird. Auf der Steuerwelle 9 sitzt undrehbar, aber längsverschiebbar eine Hülse 8 mit einem Steuernocken 7. Sobald dieser gegen den einen Arm 6 eines bei 5 drehbar gelagerten Schwinghebels stößt, wird letzterer zum Ausschlagen gebracht und legt sich mit seinem anderen Arm 4 gegen die Spindel des Ventils 3, das sich dann entgegen dem Druck einer Schraubenfeder öffnet. Die Steuerwelle überträgt außerdem durch das Kegelräderpaar 10, 11 ihre Bewegung auf eine senkrechte Spindel, die an ihrem Ende zwei

ausschwingbar gelagerte Schwungkugeln 12 trägt. Steigt plötzlich die Umdrehungszahl der Maschine, so fliegen die Kugeln auseinander und bewegen die Muffe 13 nach oben, die hierbei den bei 15 drehbar gelagerten Winkelhebel 14 mitnimmt, dessen anderer Schenkel die Hülse 8 nach links verschiebt, so daß nunmehr der Hebel 6 auf der Mantelfläche der Hülse 8 gleitet und mit dem Nocken 7 nicht mehr in Berührung kommt. Die Folge ist, daß das Gaseinlaßventil geschlossen bleibt, und zwar so lange, bis die Maschine wieder langsamer läuft, die Regulatorkugeln sinken und die Hülse 8 wieder nach rechts verschoben wird, so daß der Nocken 7 wieder in Tätigkeit treten kann. Abgesehen davon, daß namentlich bei Ausfall mehrerer Zündungen durch die ein- und wieder austretende kalte Luft die Zylinderwandungen abgekühlt werden, hat diese Art der Regulierung noch den Übelstand, daß die Gleichförmigkeit des Ganges der Maschine leidet.

Der Nachteil der schädlichen Abkühlung kann bei nicht gesteuertem Einlaßventil dadurch vermieden werden, daß zum Zweck der Herbeiführung von Aussetzern das Auspuffventil am Schließen verhindert wird. In diesem Falle saugt der Kolben die heißen Auspuffgase an und stößt sie wieder aus.

Die Steuerung des Auspuffventils erfolgt, wie Fig. 221 zeigt, durch eine fest auf der Steuerwelle 1 sitzende Nockenscheibe 2, die sich gegen die Rolle 3 des Schwinghebels 4 legt; das andere Ende von 4 hebt das Ventil 5 entgegen dem Druck einer Feder an, so daß die Gase in das Auspuffrohr 6 entweichen können.

Die unter 2. genannte Regulierung durch Veränderung der Zusammensetzung des Gasluftgemisches wird als *Qualitätsregulierung* bezeichnet, weil bei ihr die Menge des angesaugten Gemisches bei jeder Belastung der Maschine die gleiche bleibt, keineswegs aber die Zusammensetzung; denn bei schwacher Belastung findet ein gasarmes, bei starker ein gasreiches Gemisch Verwendung. Wenn auch durch diese Regulierung der der vorherbeschriebenen Regulierart anhaftende Nachteil eines ungleichmäßigen Ganges verschwindet, so tritt dafür der Nachteil eines verhältnismäßig großen Gasverbrauches bei den kleinen Leistungen ein. Dieses hat seine Ursache darin, daß die Kompression des angesaugten Gemisches die gleiche ist. Gasarme Gemische erfordern aber eine höhere Verdichtung als gasreiche, einerseits zur Sicherung der Zündung, andererseits zur Beschleunigung der Verbrennung, da es sonst vorkommen kann, daß diese bei Beginn des neuen Ansaughubes noch nicht beendet ist und so das frisch zuströmende Gemisch mit den noch brennenden alten Gasen in Berührung kommt. Ist das Gemisch reicher an Gas, so steigt die Spannung bei der Verbrennung höher; ist es reicher an Luft, so steigt sie nicht so hoch. Im ersteren Fall wird mehr Arbeit geleistet, im letzteren ist das Umgekehrte der Fall.

Die bauliche Ausbildung einer derartigen Reguliervorrichtung kann ähnlich sein wie in Fig. 219 und 220, nur mit dem Unterschiede, daß der Nocken 7 der Hülse 8 auch in der Achsenrichtung der Hülse nicht plötzlich, sondern allmählich in diese übergeht, also gewissermaßen aus einer Anzahl nebeneinander liegender, ineinander übergehender Nocken besteht, von denen jeder ein wenig höher ist als der vorhergehende. Die Folge ist, daß, entsprechend der Verschiebung der Hülse, das Gaseinlaßventil mehr oder weniger geöffnet und damit die Zusammensetzung des Gemisches geändert wird.

Eine andere Ausführungsform, wie sie an doppeltwirkenden Viertakt-Großgasmaschinen gebräuchlich ist, zeigen die Fig. 222 und 223. Das Steuergestänge für das Einlaßventil 4 besteht aus zwei um feste Punkte schwingenden Hebeln 1, 2, die durch eine Stange 3 in Verbindung

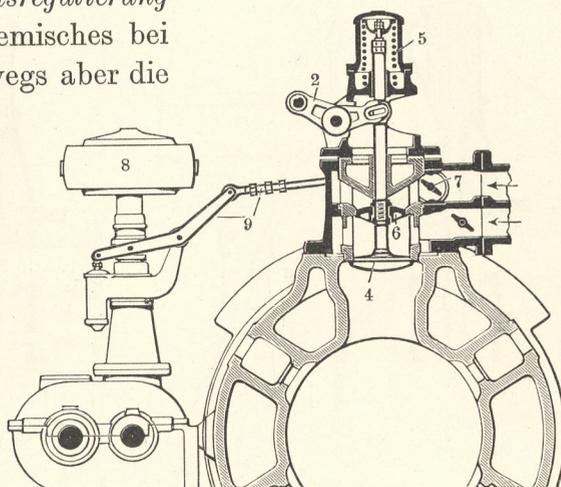
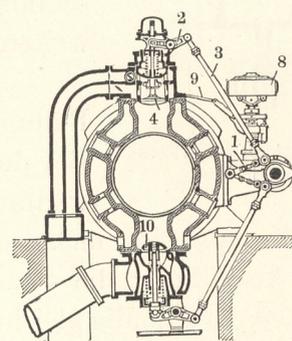


Fig. 222 und 223. Qualitätsregulierung.

stehen, und von denen der erste von einer Nockenscheibe in schwingende Bewegung versetzt wird. Der Hebel 2 ist als Doppelhebel ausgebildet und steht mit der Spindel des Einlaßventils 4 in Verbindung, das durch eine Feder 5 in der Schlußstellung gehalten wird; in dieser Stellung werden die Zuleitungen für Gas und Luft durch den auf der gleichen Spindel sitzenden Ventilteller 6 gegeneinander abgeschlossen. Die Steuerung für das Auslaßventil 10 ist in ähnlicher Weise ausgebildet. In der Gaszuleitung ist eine Drosselklappe 7 vorgesehen, die durch ein vom Regulator 8 beeinflusstes Gestänge 9 verstellt wird. Außerdem ist aber noch in die Luftleitung eine von Hand einstellbare Drosselklappe eingebaut. Diese Art der Regulierung kann, namentlich wenn auch die Drosselklappe in der Luftzuleitung vom Regulator nach einem bestimmten Gesetz verstellt wird, als Mittelding zwischen den unter 2. und 3. beschriebenen Regulierungen aufgefaßt werden, denn bei ihr wird in diesem Falle nicht nur die Zusammensetzung, sondern auch die Menge des zuströmenden Gemisches geregelt. Ein weiteres Beispiel für die Qualitätsregulierung zeigt Fig. 260.

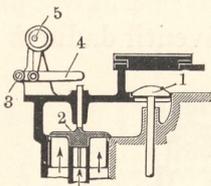


Fig. 224. Quantitätsregulierung.

Bleibt die Zusammensetzung des Gemisches dieselbe und wird nur die Füllung des Zylinders verändert, so spricht man von einer *Quantitätsregulierung*. Bei dieser gelangt bei geringerer Belastung weniger Gemisch in den Zylinder, wodurch beim Saughub ein Unterdruck entsteht. Die weitere Folge ist, daß die Kompression nicht so hoch steigt wie bei voller Belastung. Dementsprechend ist auch nach der Verpuffung die Spannung geringer als bei voller Belastung. Diese Steuerung hat den Vorteil der ständig gleichbleibenden Zusammensetzung des Gemenges, dafür aber den Nachteil der ungleichen Kompression.

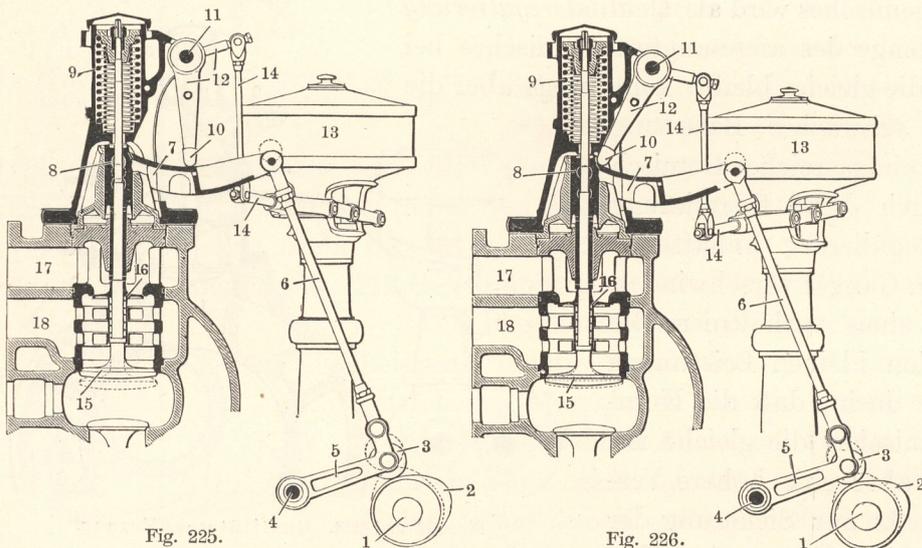


Fig. 225.

Fig. 226.

Fig. 225 und 226. Quantitätsregulierung der Gasmotorenfabrik Deutz.

wird. Steht der Anschlaghebel so, daß sich das Mischventil möglichst weit von seinem Sitze erheben kann, so erhält der Zylinder Vollfüllung; steht er niedriger, entsprechend weniger.

Eine andere Ausführungsform dieser Regulierung, bei der der Hub des Einströmventils verändert wird, zeigt die in den Fig. 225 und 226 dargestellte der Firma Gasmotorenfabrik Deutz. Auf der Steuerwelle 1 sitzt die Nockenscheibe 2, gegen die sich die Rolle 3 des um den Zapfen 4 drehbaren Schwinghebels 5 legt. Dieser steht andererseits durch Stange 6 in gelenkiger Verbindung mit dem an der Ventilschindel bei 8 angelenkten Hebel 7. Die Federn 9 sind bestrebt, das Ventil in der Schlußstellung zu halten. Wird Rolle 3 durch die Nockenscheibe 2 nach oben bewegt, so würde Hebel 7 um den Punkt 8 schwingen und das Ventil 15 geschlossen bleiben, wenn nicht dem Hebel 7 ein Stützpunkt gegeben würde, um den er so schwingen kann, daß sich hierbei der Gelenkpunkt 8 nach unten bewegt. Einen solchen Stützpunkt stellt das Ende 10 des um Zapfen 11 drehbaren Winkelhebels 12 dar. Dieser Stützpunkt wird von dem Federregulator 13 unter Vermittlung des Gestänges 14 verstellt. Nimmt er die in Fig. 225 gezeichnete Stellung ein, so wird, wie in punktierten Linien angedeutet ist, das Ventil weit geöffnet, bei der in Fig. 226 gewählten

Stellung dagegen nur wenig. Oberhalb des Einlaßventils 15 sitzt auf dessen Spindel das Gasventil 16, das infolgedessen dieselben Bewegungen vollführt wie das Einlaßventil. 17 ist der Zuströmkanal für das Gas und 18 der für die Luft. Die Zusammensetzung des Gasluftgemisches bleibt für alle Füllungen die gleiche, denn das Verhältnis der von den Ventilen 15 und 16 freigelegten Durchflußquerschnitte bleibt konstant. Es kann daher auch immer nur so viel Luft in das Zylinderinnere eintreten, wie die Öffnung des Ventils 15 größer ist als die des Ventils 16. Die mit dieser Regulierung erzielten Resultate sollen derart sein, daß der dauernde Unterschied der Umdrehungszahlen zwischen Vollbelastung und Leerlauf nur etwa 4—6 Proz. beträgt. Bei geringeren Unterschieden in der Belastung ist auch der dauernde Unterschied der Umdrehungszahlen entsprechend geringer. Desgleichen sind auch die momentanen Schwankungen der Umdrehungszahlen bei Belastungsänderungen nicht groß; denn da der Regulator nur die verhältnismäßig geringe Arbeit der Verstellung des Stützpunktes für den Schwinghebel am Einströmventil zu verrichten hat, ist die Wirkung der Regulierung eine ungewöhnlich rasche. Eine weitere Ausführungsform zeigt die Fig. 250.

Die in der Fig. 227 dargestellte Steuerung der Maschinenfabrik Augsburg-Nürnberg ist das Beispiel einer kombinierten Quantitäts- und Qualitätsregulierung. Der Steuerungsantrieb zerfällt in zwei Teile. Der erste Teil wird von dem von der Nockenscheibe 1 angetriebenen, bei 2 drehbar gelagerten Hebel 3 gebildet, der mit dem bei 4 angelenkten Teil 5 durch Stange 6 verbunden ist. Durch Feder 7 erhält Teil 5 eine Bewegung nach oben, die sich auf den Hebel 3 überträgt, so daß sich die an diesem vorgesehene Rolle 8 fest gegen die Nockenscheibe 1 legt. Der zweite Teil der Steuerung besteht aus dem Einlaßventil 9, dessen Spindel mit dem bei 10 drehbaren Hebel 11 in Verbindung steht. Die einander zugekehrten Flächen der Hebel 5 und 11 sind als Gleitflächen ausgebildet, zwischen denen eine vom Regulator 12 unter Vermittlung des Gestänges 13 angetriebene Rolle 14 hin und her verschoben wird.

Nimmt diese Rolle die in der Figur dargestellte Stellung ein, so arbeitet die Maschine mit großer Füllung, da in diesem Falle der größte Ausschlag des Teiles 5 auf den kleinsten, für den Antrieb in Frage kommenden Hebelarm am Teil 11 einwirkt. Mit zunehmender Verschiebung der Rolle nach links verändert sich das Verhältnis der Hebelarme derart, daß die Ausschläge des Hebels 11 und damit die Füllungen kleiner und kleiner werden. Mit dem Einlaßventil zwangläufig verbunden ist das das Mischungsverhältnis regelnde Mischventil, das so ausgebildet ist, daß mit abnehmender Belastung ein gasärmeres Gemisch angesaugt wird, so daß also nicht nur die Gemischmenge, sondern auch die Gemischzusammensetzung geregelt wird; hierdurch soll die Wärmeausnutzung derartig günstig beeinflußt werden, daß der Brennstoffverbrauch für die Pferdestärkenstunde fast unverändert ist. Die Steuerung des Auslaßventils 15 erfolgt durch den bei 2 drehbar gelagerten Doppelhebel 16, der von einer auf der Steuerwelle neben der Nockenscheibe 1 sitzenden zweiten Nockenscheibe angetrieben wird. Ein weiteres Beispiel einer kombinierten Quantitäts- und Qualitätsregulierung zeigt Fig. 273.

Bei den Zweitaktmaschinen wird, wie erwähnt, die Leistungsregelung durch Einwirkung auf die Ladepumpen vorgenommen. Fig. 228 zeigt das Schema einer doppelwirkenden Körting'schen Zweitaktmaschine (vgl. auch Fig. 275). 1 ist der Arbeitszylinder, dem das Gasgemisch durch das Einlaßventil 2 zugeführt wird. Nach der Arbeitsleistung entweichen die heißen Verbrennungsgase durch die Schlitze 3 in den Auspuffstutzen 25. Der Kolben 4 ist so lang, daß er kurz

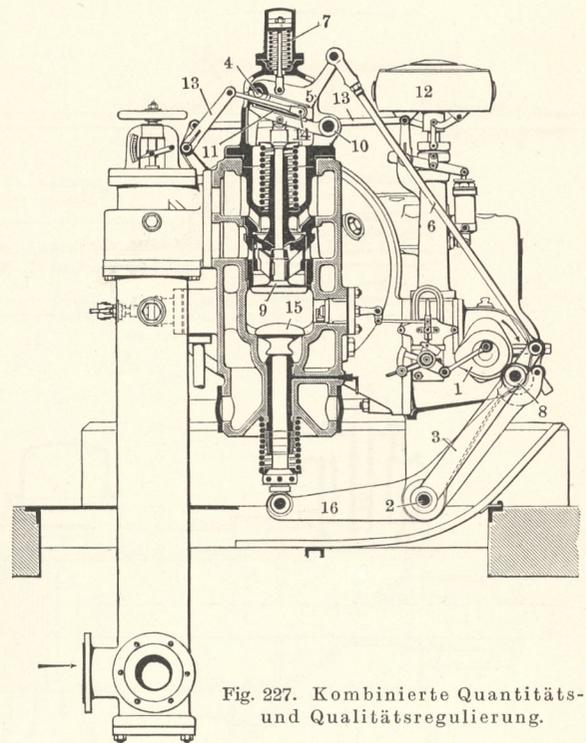


Fig. 227. Kombinierte Quantitäts- und Qualitätsregulierung.

vor Erreichung seiner Totpunktlage die in der Mitte des Zylinders befindlichen Schlitzze freilegt. Zur Einführung des Gemisches in den Arbeitszylinder dienen die Ladepumpen 5 und 6, von denen erstere für Gas, letztere für Luft bestimmt ist. Beide Pumpen werden von einem gemeinsamen Kurbelgestänge angetrieben, das dem der Hauptarbeitskurbel um etwa 110° voreilt. Die Steuerung der Pumpen erfolgt durch eine vom Regulator beeinflusste Doppelschiebersteuerung. Sie ist eine Kolbenschiebersteuerung und besteht aus den Grundschiebern 9, 10 und den in diesen gleitenden Rücklaufschiebern 11, 12. Die Grundschieber sind so ausgebildet, daß sie ständig Vollfüllung geben. Sie sind durch einen Bügel 8 starr miteinander verbunden und werden durch die gemeinsame Stange 7 angetrieben. Desgleichen besitzen auch die Rücklaufschieber 11, 12 eine gemeinsame Schieberstange 13 und einen gemeinsamen Antrieb 14. Rücklauf- und Grundschieber sind mit schrägen Steuerschlitzzen versehen, deren Wirkungsweise im Prinzip der Doppelschiebersteuerung

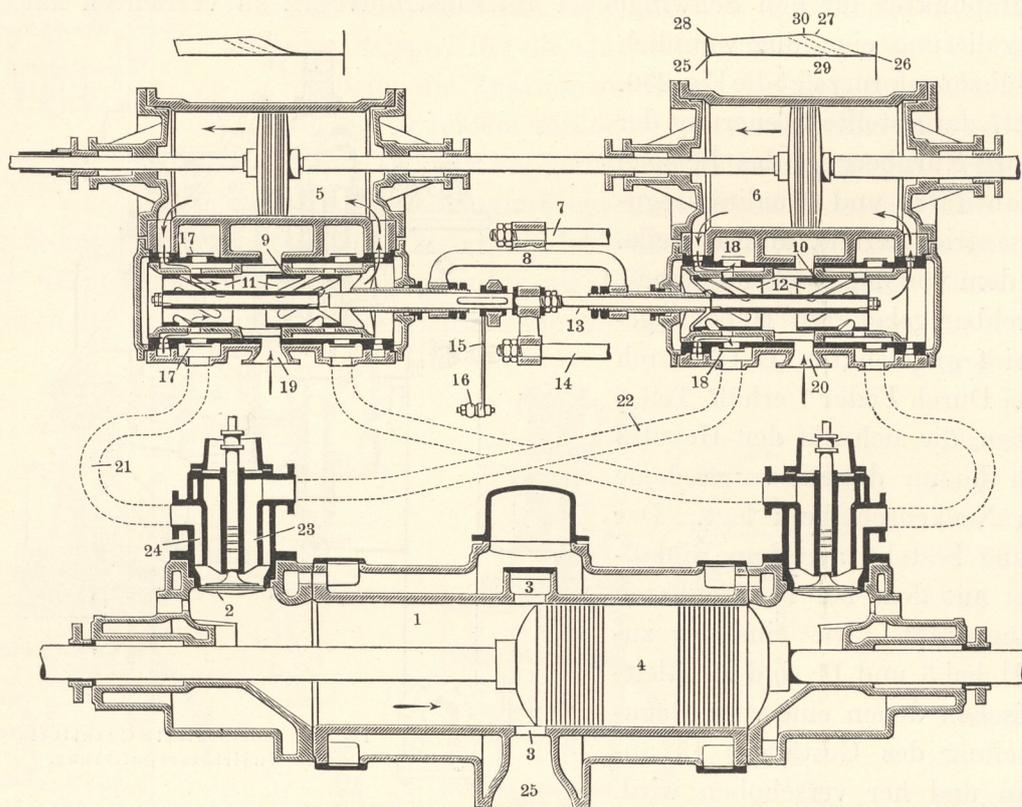


Fig. 228. Schema einer doppeltwirkenden Körting'schen Zweitaktmaschine.

von Rider (vgl. Abteilung „Dampfkraftmaschinen“ S. 60) entspricht. Das anzugsaugende Gas bzw. die Luft fließt durch die Stutzen 19, 20 und strömt dann durch das Innere der Kolbenschieber, wie die Pfeile rechts zeigen, in die Zylinder. In der gleichen Zeit findet in der linken Zylinderhälfte der Druckhub statt. Die Luft durchströmt die Kanäle, hebt die Rückschlagventile 18 an und gelangt in die Leitung 22. Durch den Rücklaufschieber 12 wird die Luft verhindert, in das Innere des Kolbenschiebers und damit in die Saugleitung zurückzutreten. Zur Regelung der Leistung wird der Rücklaufschieber um seine Achse verdreht, wodurch während des ersten Teiles des Druckhubes die Schlitzze des Rücklaufschiebers und des Grundschiebers zur Deckung gelangen und ein Teil des angesaugten Gemisches in die Saugleitung zurückgeschoben wird. Ein genaues Bild über diese Vorgänge gibt das über der Luftpumpe angeordnete Diagramm. Auf der Strecke 25—26 saugt der Kolben Luft an und komprimiert sie beim Rückwärtshube von 26—27. Das Überschieben in die Druckleitung findet auf dem Wege 27—28 statt. Dieses Diagramm 25—26—27—28 veranschaulicht die volle Leistung. Wird diese verringert, so wird zunächst wieder angesaugt 25—26, hierauf aber nicht komprimiert, sondern auf dem Wege 26—29 das vorher angesaugte Gemisch in die Saugleitung zurückgeschoben. Komprimiert wird dann auf dem Wege 29—30. Die Diagrammfläche 26—27—30—29 versinnbildlicht, um wieviel die Leistung kleiner geworden ist. Die Strecke 26—29 ist abhängig von der Größe der Verdrehung des Schiebers 12, die durch Ausschwingen des Hebels 15, an dem bei 16 der Regulator angreift, bewirkt wird. Die Schieberstange 13 kann wohl in der Nabe dieses Hebels gleiten, sich aber nicht gegen sie verdrehen, so daß bei jedem Ausschwingen des Hebels 15 ein Drehen der Stange 13 und damit der Rücklaufschieber 11, 12 erfolgt. Ein Vergleich der über der Gas- und Luftpumpe

angeordneten Diagramme zeigt, daß die Gaspumpe auch bei normalem Betriebe, der durch das voll ausgezogene Diagramm veranschaulicht wird, während des ersten Teiles des Druckhubes einen Teil des Gases in die Saugleitung zurückschiebt. Wäre dieses nicht der Fall, so würden sich die durch die Leitung 22 und den Ringraum 23 einströmende Luft und das durch die Leitung 21 und den Ringraum 24 zuströmende Gas unmittelbar über dem Einlaßventil 2 treffen und bei dessen Öffnung in das Zylinderinnere treten. Tatsächlich soll aber bei der Zweitaktmaschine zunächst reine Luft unter Überdruck in den Arbeitszylinder gelangen und die verbrauchten Verbrennungsgase austreiben. Dies wird durch die ungleiche Arbeitsweise der Pumpen bewirkt, denn da die Luftpumpe schon in die Druckleitung 22 fördert, während die Gaspumpe noch in die Saugleitung zurückschiebt — der Übertritt in die Druckleitung wird durch die Rückschlagventile 17 verhindert —, tritt die durch 23 zuströmende Luft in den Ringraum 24 und drängt das dort befindliche Gas etwas zurück, so daß sich bei Eröffnung des Ventils nur Luft (Spül- oder Fegeluft) über diesem befindet. Für die ständige gleichmäßige Zusammensetzung des Gemisches ist von großer Wichtigkeit, daß beide Pumpen auf denselben Druck (vgl. die Diagramme) verdichten.

Für viele Zwecke, wie z. B. für den Antrieb von Booten, ist die *Umsteuerung* der Verbrennungsmaschinen sehr wichtig, da die gebräuchliche Einschaltung von Wendegetrieben mancherlei Nachteile im Gefolge hat. Es sind in dieser Hinsicht die mannigfachsten Vorschläge gemacht worden. Die einen benutzen für Vorwärts- und Rückwärtslauf dieselben Steuernocken und ändern die Drehrichtung der Maschinen durch Verdrehen der Nocken auf der Steuerwelle; andere nehmen besondere Nocken für Vorwärts- und Rückwärtslauf, die nebeneinander auf der Steuerwelle sitzen und entweder auf ihr oder mit ihr verschoben werden, so daß immer nur die für die jeweilig gewünschte Drehrichtung bestimmten Nocken zur Wirkung gelangen (vgl. S. 137 und 144).

3. Zündvorrichtungen.

Die Entzündung der im Zylinder befindlichen verdichteten Ladung kann auf folgende vier verschiedene Arten vorgenommen werden: 1. durch eine offene Flamme, 2. durch ein glühendes Röhrchen, 3. durch einen elektrischen Funken, 4. durch die bei der Verdichtung des Gemisches entstehende Wärme.

Die Zündung durch eine offene Flamme ist gegenwärtig verlassen. Auch die Zündung durch ein Glührohr wird nur noch bei kleineren und mittleren Maschinen benutzt. Das Glührohr ist ein an einem Ende offenes und mit diesem mit dem Zylinderinnern in Verbindung stehendes Rohr aus Porzellan, Platin oder Schmiedeeisen, dessen Außenseite durch eine offene Flamme auf Rotglut erwärmt wird. Neben den ständig mit dem Zylinderinnern in Verbindung stehenden ungesteuerten Glührohren sind auch (selten) gesteuerte im Gebrauch, bei denen die Verbindung zwischen dem Innern des Rohres und dem Zylinder nur zu gewissen Zeitpunkten hergestellt wird.

Das Glührohr wirkt folgendermaßen. Während der Saugperiode entweicht ein Teil der im Innern des Rohres befindlichen heißen Gase in den Zylinder. Der Rest wird beim Kompressionshube wieder in das Rohr zurückgedrängt. Sobald das frisch komprimierte Ladungsgemisch an die glühende Stelle des Rohres kommt, erfolgt die Zündung, deren Zeitpunkt durch Verlegung der Glühzone geregelt werden kann. Tritt die Zündung zu spät ein, so wird die Glühzone nach dem Zylinder zu verlegt; tritt sie zu früh ein, mehr nach dem anderen Ende des Rohres zu. Die äußere Anordnung einer solchen Zündung eines Grusonwerk-Motors zeigen die Fig. 229—231. In diesen ist 1 das Glührohr und 2 der Ansatz für den Zylinderkopf. Der Kamin 3 ruht auf den Tragstiften 4, auf denen er zur Verlegung des Zündzeitpunktes verschoben und in der gewünschten Stellung mittels der Schraube 5 festgestellt werden kann. Die Erhitzung

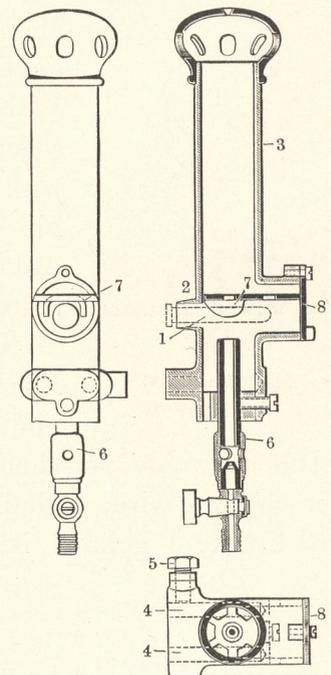


Fig. 229—231. Brenner mit Kamin eines Grusonwerk-Motors.

des Glührohres geschieht durch den in senkrechter Richtung verstellbaren Bunsenbrenner 6, dessen Flamme durch den Teil 7 verteilt wird. Häufig ist nach einmal erfolgter Anwärmung eine weitere äußere Beheizung entbehrlich, da die bei der Verpuffung eintretende Erwärmung genügt, um das Glührohr im glühenden Zustande zu erhalten. 8 ist eine Schauklappe, um das Glührohr beobachten zu können.

Am verbreitetsten ist jetzt die elektrische Zündung. Der für diese erforderliche Strom wird entweder durch eine Elementen- oder Akkumulatorenbatterie erzeugt oder mittels einer kleinen magnetelektrischen Maschine. Wenn auch die Anordnung einer Batterie am einfachsten ist, da sie keine beweglichen Teile besitzt und an beliebiger Stelle untergebracht werden kann, so haften ihr doch verschiedene Nachteile an, namentlich der, daß der Strom keine konstante Stärke behält, infolgedessen von Zeit zu Zeit ein Nachfüllen oder Aufladen

der Batterie erforderlich ist. Diesen Mängeln gegenüber bieten die magnetelektrischen Zündapparate den Vorteil großer Betriebssicherheit. Je nach der Art, wie bei diesen Apparaten die für die Lieferung des Stromes erforderliche Drehgeschwindigkeit des Ankers gegenüber den

Magnetpolen erzeugt wird, sind drei Hauptgruppen zu unterscheiden. Bei der ersten steht der Anker mit den sich drehenden Teilen der Maschine in fester Verbindung, dreht sich also ständig; bei der zweiten wird der Anker durch eine sogenannte Abschnappsteuerung mitgenommen, um dann plötzlich unter Federwirkung mit großer Geschwindigkeit zurückzuschleunigen, vollführt also eine hin und her schwingende Bewegung, und bei der dritten schließlich stehen Anker und Magnet fest, während zwischen ihnen, wie unten eingehender erläutert ist, eine Hülse hin und her schwingt.

Die Erzeugung des Funkens geschieht entweder durch eine elektrische Kerze (Zündkerze oder Zünder) oder durch eine Abreißvorrichtung. Die Ausbildung der *Zündkerze* zeigt im Prinzip Fig. 232. In einem metallenen, mit

Außengewinde versehenen Pfropfen 1, der in entsprechendes Muttergewinde des Zylinders eingeschraubt wird, befindet sich ein Isolierstäbchen 2 aus Porzellan, durch dessen Mitte die eine Elektrode 3 geführt ist, während die andere Elektrode 4 mit dem Metallteil 1 der Kerze in

Verbindung steht. Beide Elektroden stehen einander in einem Abstände von etwa 1 mm gegenüber, der von dem elektrischen Funken übersprungen wird. Die Elektrode 3 ist durch Klemme 5 mit der Hochspannungsleitung verbunden, während als Zuleitung für die andere Elektrode die Metallmasse des Zylinders dient, mit welcher der metallene Teil 1 der Kerze verschraubt ist.

Bei der *Abreißzündung* entsteht der Zündfunke dadurch, daß im Augenblick der Zündung zwei bis dahin in inniger Berührung miteinander befindliche Kontaktteile voneinander entfernt werden.

Gegen den durch die Hülse 2 (s. Fig. 233 und 234) isolierten, mit der Stromzuleitung 3 verbundenen Kontaktstift 1 legt sich der Kontakthebel 4, dem der Strom durch die Metallmasse 8 des Zylinders unter Vermittelung des metallenen Teiles 9 und Stiftes 5 zugeführt wird. Bemerkt sei, daß die Seite der Zylinderwandung 8, auf der sich Hebel 4 befindet, das Innere des Zylinders; die andere, auf welcher der Hebel 6 mit der Feder 7 sitzt, den Raum außerhalb des Zylinders darstellt. Der Hebel 4 ist fest mit dem drehbar gelagerten Stift 5 verbunden, an dessen anderem Ende ein Hebel 6 sitzt, der durch die Feder 7 so beeinflusst wird, daß sich Hebel 4 fest gegen Stift 1 legt. Im Moment der Zündung stößt die Unterbrecherstange 10 gegen Hebel 6 und hebt den Hebel 4 vom Stift 1 ab, wodurch eine Unterbrechung des Stromkreises und ein Öffnungsfunke entsteht, der die Zündung bewirkt.

Bei der Benutzung einer Elementen- oder Akkumulatorenbatterie sind zwei voneinander getrennte Stromkreise vorhanden. In den von der Batterie 1 (Fig. 235) gespeisten Stromkreis, den

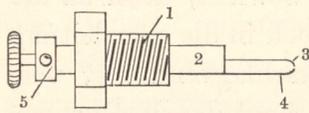


Fig. 232. Zündkerze.

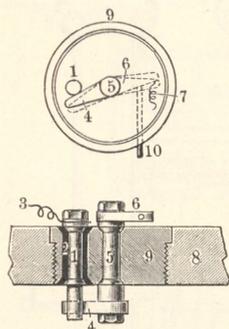


Fig. 233 und 234.
Abreißzündung.

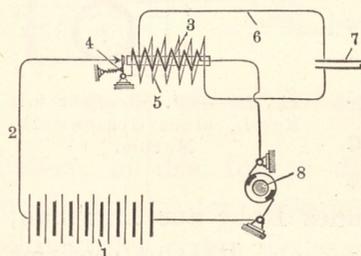


Fig. 235. Schaltung der Batterie-zündung.

primären Stromkreis 2, sind ein weiter unten näher erläuteter Stromverteiler und die Primärwicklung einer Induktionsspule 3 nebst Unterbrecher 4 (Wagnerscher oder Neef'scher Hammer) eingeschaltet. Die durch die Primärspule in rascher Folge gesandten Stromstöße erzeugen in der sie umgebenden Sekundärwicklung 5 einen hochgespannten Induktionsstrom, der den Luftraum zwischen den beiden Elektrodenspitzen einer in den Sekundärstromkreis 6 eingeschalteten Zündkerze 7 überspringt. Gesteuert wird diese Zündung durch einen von der Maschine angetriebenen Stromverteiler 8, der den primären Stromkreis in dem Augenblick, in dem gezündet werden soll, in dem also im sekundären Stromkreis Funken überspringen sollen, schließt. Bei jeder Zündung springen eine ganze Reihe von Funken hintereinander über, so daß die Zündung sicher erfolgt.

Fig. 236 und 237 zeigen einen magnetelektrischen Zündapparat der Firma Bosch in Stuttgart. Bei diesem stehen sowohl der Siemenssche I-Anker 1 als auch die aus mehreren Hufeisenmagneten 2 gebildeten Polschuhe fest. Zwischen Anker und Polschuhen vollführen zwei aus weichem Eisen bestehende Segmente 3 Schwingungen von etwa 20—25°, die dadurch hervorgerufen werden, daß sich ein auf der Steuerwelle angeordneter Daumen 4 gegen den mit den Segmenten 3 in fester Verbindung stehenden Hebel 5 legt. Ist Daumen 4 unter dem Hebel 5 hinweggeglitten, so wird letzterer durch die Federn 6 in die Anfangsstellung zurückgeführt. Mit Hebel 5 ist Stange 7 verbunden, deren anderes Ende in eine den Stift 8 umfassende Gabel ausläuft. Stift 8 sitzt an dem einen Schenkel eines Winkelhebels, dessen anderer Schenkel unter Einwirkung der Feder 9 steht. Befestigt ist der Winkelhebel an einem Zapfen 10, der durch Flansch 11 hindurch in das Innere des Zylinders hineinragt und dort den sich unter Wirkung der Feder 9 gegen Stift 13 legenden Zündhebel 12 trägt. Stift 13 ist mit Isolierung in den Flansch eingesetzt und durch Leitung 14 mit der Klemme 15 verbunden, zu der ein Ende der Wicklung des Ankers 1 führt. Das andere Ende ist an den Körper des Apparates gelegt und steht durch ihn mit dem Zündhebel 12 in Verbindung. Die Wirkung ist folgende. In dem Maße wie sich die Segmente 3 über den feststehenden Anker 1 schieben (Fig. 237), gehen mehr und mehr Kraftlinien (vgl. Abt. „Elektrotechnik I“) durch diesen. Die Größe der in der Ankerwicklung induzierten elektromotorischen Kraft ist abhängig von der Größe der in der Zeiteinheit auftretenden Änderung der Kraftlinienzahl. Da die Kraftlinienzahl, wenn die Segmente 3 durch die Federn 6 mit großer Schnelligkeit in die Anfangsstellung zurückgerissen werden, plötzlich stark abnimmt, entsteht in der Ankerwicklung ein kräftiger Stromstoß, der durch die Leitung 14, Stift 13, Hebel 12 und den Körper des Apparates wieder zur Wicklung zurückkehrt. Bei der großen Heftigkeit, mit welcher der Hebel 5 in die Gleichgewichtslage zurückschnellt, überschreitet er diese zunächst. Die Folge ist, daß die Gabel der Stange 7 gegen den Stift 8 schlägt, wodurch eine Drehung des Zapfens 10 und damit ein Abheben des Zündhebels 12 von dem Stift 13 herbeigeführt wird, so daß ein kräftiger Zündfunke überspringen kann.

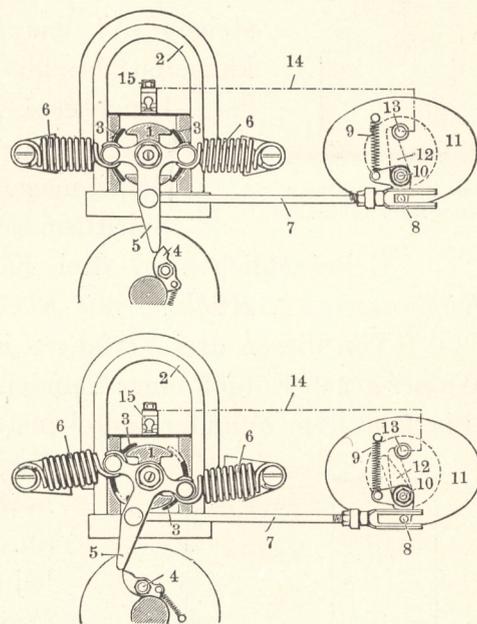


Fig. 236 und 237. Zündapparat mit ruhendem Anker von Bosch.

Das an vierter Stelle genannte Zündverfahren, bei dem die Kompressionswärme in Verbindung mit der Abwärme der heißen Zylinderwandungen zur Zündung benutzt wird, bedarf keiner eigentlichen Zündvorrichtung. Es ist beim Dieselmotor besprochen, wo es angewendet wird.

4. Kühleinrichtungen.

Da durch die Verbrennung des Gemisches im Zylinder eine beträchtliche Wärme entwickelt wird, müssen die mit den heißen Verbrennungsgasen in Berührung kommenden Maschinenteile gekühlt werden, da sie sonst unter der Einwirkung der Hitze zerstört würden. Bei kleinen

Wagenmotoren genügt es, den Zylinder zu diesem Zweck mit Rippen zu versehen und dann dem Luftzuge auszusetzen. Größere und besonders ortfeste Maschinen erfordern aber intensive Wasserkühlung. Diese beschränkt sich bei den einfachwirkenden Maschinen mittlerer Größe, bei denen eine Seite des Kolbens ständig mit der Außenluft in Verbindung steht, auf eine Kühlung des Arbeitszylinders und dessen Kopfes. Die Menge des Kühlwassers richtet sich nach der Größe der abzuführenden Wärmemenge und nach der Temperatur, mit der das Kühlwasser zu- und abfließt. Im Durchschnitt kann angenommen werden, daß ein Drittel der für die nutzbare Pferdestärkenstunde erforderlichen Wärmemenge vom Kühlwasser aufgenommen und fortgeführt wird. Bei 2700 WE für die nutzbare Pferdestärkenstunde sind das 900 WE. Wird weiter angenommen, daß das Kühlwasser mit 15° C zu- und mit 60° C abfließt, so sind für die Stunde $\frac{900}{60-15} = 20$ l Wasser erforderlich. Wenn auch bei größeren Maschinen der Wärmeverbrauch für die Pferdestärken-

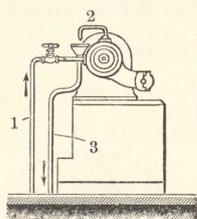


Fig. 238. Kühlung ohne Rückkühlung.

stunde geringer ist, so sinkt hierdurch trotzdem nicht der Kühlwasserverbrauch, da bei Großgasmaschinen die Temperatur des Kühlwassers nicht über 50° steigen soll, das Kühlwasser also nicht so ausgenutzt werden kann wie bei kleineren Maschinen. Es beträgt die Temperatur des Abflußwassers bei

| | |
|--|---------|
| Leuchtgas-, Petroleummaschinen | 50— 60° |
| Sauggasmaschinen | 60— 70° |
| Benzinmaschinen | 40— 50° |
| Spiritusmaschinen | 90—100° |

Gebräuchlich sind drei Kühlverfahren, nämlich: 1. *Kühlung ohne Rückkühlung des Kühlwassers*, 2. *Kühlung mit Rückkühlung des Kühlwassers*, 3. *Verdampfungskühlung*.

Von diesen drei Verfahren ist das erste das einfachste, aber auch das teuerste, wenn das Wasser gegen Entgelt einer fremden Wasserleitung entnommen wird. Der Zufluß des durch Rohr 1 (Fig. 238) dem Zylindermantel zuströmenden Wassers wird durch einen Hahn geregelt. Nach dem Durchströmen der Mantelräume verläßt das Wasser diese an ihrer höchsten Stelle durch Rohr 2 und fließt durch das Abflußrohr 3 ab. Diese Art der Kühlung findet Verwendung bei Motorbooten, bei denen eine von dem Motor angetriebene kleine Pumpe das Wasser durch eine Öffnung in der Außenhaut des Bootes ansaugt und es dann durch die Kühlmäntel drückt, aus denen es durch eine zweite, oberhalb des Wasserspiegels gelegene Öffnung in der Außenhaut des Bootes abgeführt wird.

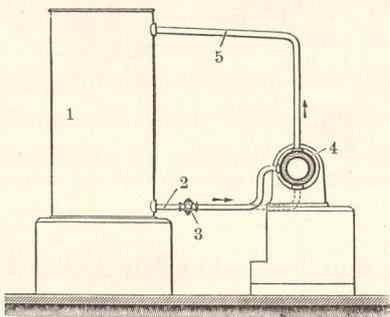


Fig. 239. Kühlung mit Rückkühlung (Kühlgefäß).

Wo dieses Kühlverfahren zu teuer, oder wo Frischwasser nicht in genügender Menge vorhanden ist, wird zu einer Rückkühlung des warmen Kühlwassers geschritten. Bei Maschinen mit Rückkühlanlage vollführt das Kühlwasser einen Kreislauf, indem es vom Zylinder zur Kühlanlage und von dieser wieder zum Zylinder zurückfließt. Es ist dann nur der durch Verdunsten des Kühlwassers entstehende Verlust zu ersetzen; auf diese Weise wird der Wasserverbrauch für die effektive Pferdestärkenstunde auf etwa 3 l herabgedrückt.

Von den zur Rückkühlung dienenden Einrichtungen sind die gebräuchlichsten: 1. die *Kühlgefäße*, 2. die *Rippenkühler*, 3. die *Gradierwerke*.
Kühlgefäße. Ein Beispiel zeigt Fig. 239. In dieser ist 1 das offene Kühlgefäß, das so hoch mit Wasser gefüllt ist, daß der Wasserspiegel etwas oberhalb des Zuflußrohres 5 liegt. Von dem unteren Teile des Kühlgefäßes führt ein Rohr 2 zum Zylindermantel 4. In dieses Rohr ist ein Dreiwegehahn 3 eingeschaltet, durch den entweder eine Verbindung mit dem Zylindermantel oder mit der Außenluft hergestellt wird, letzteres zu dem Zwecke einer Entleerung des Kühlgefäßes. Von dem Zylindermantel fließt das heiße Kühlwasser durch das ständig ansteigende Rohr 5 zu dem Kühlgefäß. Befindet sich das Kühlgefäß in der Nähe der Maschine und sind die Leitungen frei von unnötigen Krümmungen, so ist eine besondere Pumpe zur Herbeiführung des Wasserumlaufes nicht erforderlich; es genügt vielmehr der durch den Temperaturunterschied

Von den zur Rückkühlung dienenden Einrichtungen sind die gebräuchlichsten: 1. die *Kühlgefäße*, 2. die *Rippenkühler*, 3. die *Gradierwerke*.

Kühlgefäße. Ein Beispiel zeigt Fig. 239. In dieser ist 1 das offene Kühlgefäß, das so hoch mit Wasser gefüllt ist, daß der Wasserspiegel etwas oberhalb des Zuflußrohres 5 liegt. Von dem unteren Teile des Kühlgefäßes führt ein Rohr 2 zum Zylindermantel 4. In dieses Rohr ist ein Dreiwegehahn 3 eingeschaltet, durch den entweder eine Verbindung mit dem Zylindermantel oder mit der Außenluft hergestellt wird, letzteres zu dem Zwecke einer Entleerung des Kühlgefäßes. Von dem Zylindermantel fließt das heiße Kühlwasser durch das ständig ansteigende Rohr 5 zu dem Kühlgefäß. Befindet sich das Kühlgefäß in der Nähe der Maschine und sind die Leitungen frei von unnötigen Krümmungen, so ist eine besondere Pumpe zur Herbeiführung des Wasserumlaufes nicht erforderlich; es genügt vielmehr der durch den Temperaturunterschied

hervorgerufene Gewichtsunterschied der beiden Wassersäulen zur Aufrechterhaltung des Umlaufes. Das im Zylindermantel beheizte Wasser steigt im Rohr 5 empor, was ein Nachsinken des sich im Kühlgefäß und besonders an dessen Oberfläche abkühlenden Wassers zur Folge hat. Wesentlich ist hierbei, daß der Wasserspiegel nie unter die Mündung des Rohres 5 sinkt, was sofort eine Unterbrechung des Wasserumlaufes zur Folge haben würde. Um dieses zu verhindern, sind häufig Schwimmerventile angeordnet, die beim Unterschreiten eines bestimmten Wasserstandes selbsttätig den Zufluß frischen Wassers als Ersatz für das verdunstete einleiten. Die Kühlgefäße sind an einem luftigen Orte aufzustellen. Auch sind Vorkehrungen zu treffen, um im Winter ein Einfrieren des Kühlwassers zu vermeiden, was durch Hinzufügung von Alkohol usw. zum Kühlwasser geschieht. Die Rückkühlung des Kühlwassers durch Kühlgefäße wird bei Maschinen mittlerer Leistung bis zu etwa 50 PS angewendet. Wird die Kühlwassermenge zu groß, so findet vorteilhaft eine Unterteilung des Kühlgefäßes statt.

Rippenkühler. Eine größere Abkühlungsfläche haben die Rippenkühler, die in ihrer Ausbildung den bekannten Rippenheizkörpern ähneln. Bei diesen Kühlern kommt das Kühlwasser mit der Luft nicht in Berührung; daher fallen die Verdunstungsverluste fort. Der obere Teil des Rippenkühlers steht mit der das heiße Wasser zuführenden, sein unterer Teil mit der das abgekühlte abführenden Leitung in Verbindung. Da bei vollem Tagesbetriebe für 1 Pferdestärke eine Kühlfläche von 3—4 qm notwendig ist, sind diese Kühler auch nur für kleinere Maschinen verwendbar. Hierher gehören die Automobilkühler, bei denen das Kühlwasser ebenfalls von oben nach unten durch eine große Anzahl dünnwandiger Kanäle fließt; zwischen diesen streicht der beim Fahren entstehende Luftstrom hindurch, dessen Wirkung mitunter noch durch einen Ventilator erhöht wird.

Gradierwerke. Die für die Rückkühlung des Kühlwassers aufgestellten Gradierwerke, bei denen das Wasser mit der Kühlluft in unmittelbare Berührung kommt, wirken wie die Kamin-kühler für die Oberflächenkondensatoren der Dampfmaschinen (vgl. Seite 71). Die Gradierwerke finden bei Großgasmaschinen Verwendung, brauchen aber viel Raum und sind teuer. Auf dem gleichen Prinzip beruhen die bei kleineren, namentlich lokomobilen Ölmaschinen häufig zu findenden *Ventilationskühler* (Fig. 240), in denen sich das kalte Wasser unten ansammelt und von einer kleinen, von der Maschine angetriebenen Pumpe 1 durch die Leitung 2 dem Kühlmantel des Arbeitszylinders 3 zugeführt wird, von dem aus es durch die Rohrleitung 4 dem Kühler wieder zuströmt. Im höchsten Punkte des Kühlers wird das Wasser durch einen Zerstäuber 5 fein verteilt und rieselt langsam über ein System übereinandergeschichteter Latten nach unten. Hierbei kommt es in innige Berührung mit der von unten bei 6 zuströmenden Luft, deren Zugwirkung häufig durch einen von der Maschine angetriebenen Ventilator unterstützt wird.

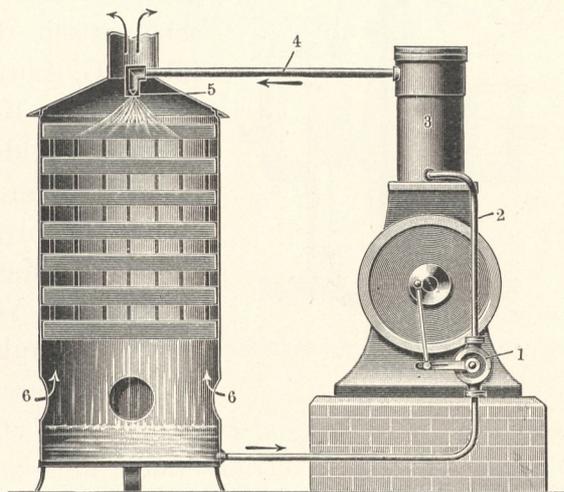


Fig. 240. Ventilationskühler.

Das dritte Kühlverfahren, die *Verdampfungskühlung*, bei der das Kühlwasser nicht nur erwärmt, sondern sogar in den dampfförmigen Zustand übergeführt wird, ist nur anwendbar bei Maschinen, die an sich schon, wie Spiritusmaschinen, eine hohe Abflußtemperatur des Kühlwassers zulassen, hat aber eine größere Verbreitung nicht gefunden.

Bezüglich der Anordnung der Kühlung für die einzelnen in Frage kommenden Teile, wie Zylinderkopf und -mantel, Auspuffventil, Kolben und Kolbenstange usw., ist noch zu bemerken, daß es vorteilhafter ist, für die einzelnen Teile gesonderte Kühlwasserleitungen anzulegen, da hierdurch die Kühlung für jeden einzelnen Teil für sich geregelt werden kann.

Für das Einströmventil ist eine Wasserkühlung nicht notwendig, da es beim jedesmaligen Ansaugen von dem frisch zuströmenden Gemisch gekühlt wird. Anders das Auspuffventil, das

bei jeder Arbeitsperiode von den heißen Verbrennungsgasen umspült wird, und dessen Kühlung infolgedessen bei größeren Verbrennungsmaschinen durchaus nötig ist. Fig. 241 zeigt ein Beispiel für ein solches Auspuffventil. Kegel und Kegelschaft 1 sind hohl ausgebildet und tragen an ihrem oberen Ende den Teller 2, gegen den sich die Schraubenfeder 3 legt und so das Ventil in der Schlußstellung erhält. Die Eröffnung erfolgt durch Ausschwingen des Hebels 4, dessen gabelförmig ausgebildetes Ende sich gegen Vorsprünge des Kegelschaftes 1 legt. Das Kühlwasser wird bei 5 zugeführt, durchfließt das Rohr 6 und strömt durch das im Innern des Kegelschaftes angeordnete, ständig feststehende Röhrchen 7 bis zum Boden des Ventilkegels. Hier ändert es seine Richtung und fließt nunmehr im Gegenstrom zu dem nachströmenden Kühlwasser durch den Hohlraum zwischen Rohr 7 und Kegelschaft 1, bis es schließlich durch die Öffnungen 8 in den Raum 9 übertritt, aus dem es durch das Rohr 10 abgeführt wird.

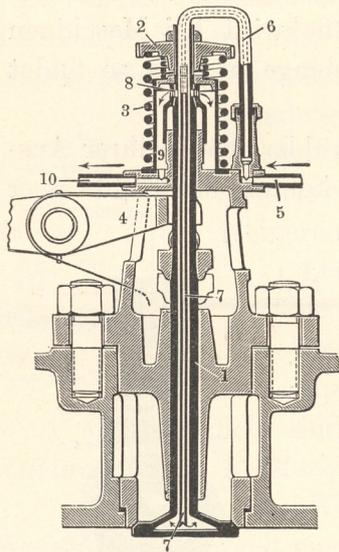


Fig. 241. Kühlung des Auspuffventils.

Wesentlich schwieriger gestalten sich Zu- und Abführung des Kühlwassers bei der Kolbenkühlung, wozu gewöhnlich die hohl ausgebildete Kolbenstange benutzt wird. Bei der in den Fig. 242—244 schematisch dargestellten Ausführungsform der Firma Maschinenfabrik G. Luther A.-G. in Braunschweig dienen die beim Hin- und Hergang des Kolbens auftretenden Beschleunigungs- und Verzögerungskräfte der Kühlflüssigkeit zum Durchtreiben der Flüssigkeit durch die zu kühlenden Teile. In Fig. 243 und 244 ist der vordere Teil des Zylinders mit dem Kurbelgestänge abgebrochen und 1 der Arbeitskolben der Maschine. Durch den hinteren Zylinderdeckel 17 geht die rückwärtige Verlängerung der Kolbenstange, die dann nochmals durch den Gleitschuh 16 geführt wird. 13 und 14 sind zwei nebeneinanderliegende, durch eine Scheidewand 15 voneinander getrennte Wasserbehälter, von denen der erste das frisch zuströmende, der zweite das verbrauchte Kühlwasser aufnimmt. Vor der Inbetriebsetzung müssen die zu kühlenden Räume mit Wasser angefüllt werden. Der Weg des Wassers während des Betriebes ist dann folgender. Aus Behälter 13 strömt es durch das Rohr 4 in den ringförmigen Hohlraum 2 der Kolbenstange und durchfließt diesen bis zur Scheidewand 8, wo es durch die Öffnung 10 in den hohlen Kolben 1 eintritt. In diesem steigt es empor und wird dann durch das Überfallrohr 9 in den Hohlraum 18 geleitet, den es durchströmt, bis es am Ende der hohlen

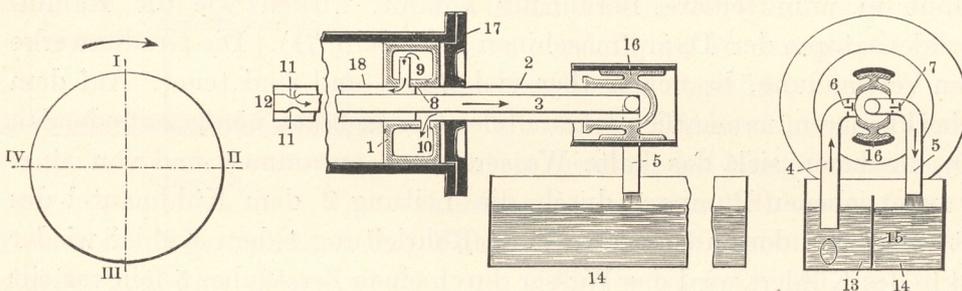


Fig. 242—244. Kolbenkühlung.

Kolbenstange durch die Löcher 11 in das innere Rohr 3 tritt, durch dessen Verlängerung 5 es schließlich in den Behälter 14 abgeführt wird.

Fig. 242 ist eine schematische Darstellung des Kurbelkreises mit den vier Hauptstellungen der Kurbel. Während der Kurbelbewegung von I nach II findet eine verzögerte Bewegung des Kolbengestänges nach rechts statt und haben infolgedessen die Wassersäulen (Fig. 243 und 244) im Rohr 3 und in den Hohlräumen 2, 18 wegen der ihnen innewohnenden lebendigen Kräfte das Bestreben, sich relativ zum Kolben nach rechts zu bewegen. Die in den Hohlräumen 2, 18 befindlichen Säulen können diese Bewegung nicht ausführen, da sich sofort das Ventil 6 schließt und die Wassersäulen infolgedessen relativ zum Kolbengestänge zur Ruhe kommen. Anders dagegen die in dem inneren Rohr 3 befindliche Wassersäule; diese kann sich in dem Rohr nach rechts bewegen, aber auch erst dann, wenn die Wassersäule am geschlossenen Ende der Kolbenstange bei 12 unter Bildung eines Vakuums abreißt. Hierbei muß zunächst das Ventil 7 geöffnet und dann der

zur Scheidewand 8, wo es durch die Öffnung 10 in den hohlen Kolben 1 eintritt. In diesem steigt es empor und wird dann durch das Überfallrohr 9 in den Hohlraum 18 geleitet, den es durchströmt, bis es am Ende der hohlen

äußere Atmosphärendruck überwunden werden. Während der Kurbelbewegung von II nach III erhält das Kolbengestänge eine beschleunigte Bewegung nach links, an der die im Rohr 3 befindliche Wassersäule wegen der ihr innewohnenden Trägheit zunächst noch nicht teilnimmt. Diese hat noch die Neigung, relativ zum Kolben nach rechts zu gehen, welche Wasserbewegung anhält, bis der atmosphärische Druck gegen das bei 12 herrschende Vakuum den Beschleunigungsdruck der Wassersäule überwindet und unter Schließen des Ventils 7 die Wasserbewegung zum Stillstand bringt. Gleichzeitig führt jetzt das Überwiegen des Atmosphärendruckes gegen das Vakuum 12 dazu, daß sich Ventil 6 öffnet und die Wassersäule in den Hohlräumen 18, 2 anfängt, relativ zum Kolben nach links zu strömen und hierbei aus dem Behälter 13 durch das Rohr 4 nachzusaugen. Verstärkt wird diese Strömung durch die Kolbenverzögerung während der Kurbelbewegung von III nach IV, bei der die Wassersäule im Rohr 3 relativ zum Kolben in Ruhe und Ventil 7 geschlossen bleibt. Während der Kurbelbewegung von IV nach I hat die beschleunigte Kolbenbewegung zunächst noch dieselbe Wirkung. Zur Regelung der durchströmenden Wassermenge können in den Zu- und Abflußleitungen 4, 5 Hähne angebracht sein.

5. Anlaßvorrichtungen.

Wie schon oben hervorgehoben ist, laufen die Verbrennungsmaschinen nicht von selbst an, sondern bedürfen einer besonderen Anlaßvorrichtung, und zwar wegen der großen Eigenwiderstände der Maschine. Beim Viertakt z. B. wirkt die Maschine während des ersten Kolbenhin- und -herganges als Verdichtungspumpe; erst beim dritten Kolbenhub wird auf den Kolben eine Kraft ausgeübt. Um die Widerstände beim Anlassen möglichst zu verringern, wird die Verdichtungs- endspannung dadurch niedrig gehalten, daß während des ersten Teiles des Verdichtungshubes das Auslaßventil geöffnet und ein Teil des Gemisches in die Auspuffleitung ausgestoßen wird. Dies geschieht durch Einschalten eines kleinen, auf das Auslaßventil wirkenden Hilfsnockens, der wieder ausgerückt wird, sobald die Maschine im Gange ist. Die einfachste Art des Anlassens ist das Andrehen der Maschine durch Erfassen des Schwungrades, jedoch ist dieses Verfahren nur für kleinere Maschinen verwendbar und auch für diese nicht zu empfehlen, da leicht Unglücksfälle vorkommen. Bei den besonderen Anlaßvorrichtungen unterscheidet man das Andrehen: 1. mit einer Andrehkurbel, 2. mit einem Hilfsmotor, 3. mit explosiblem Gemisch, 4. mit Druckluft, 5. mit elektrischem Strom.

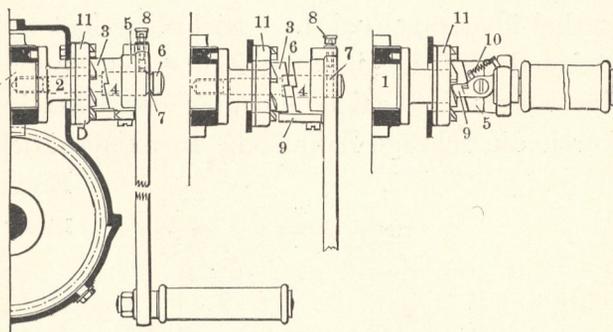


Fig. 245—247. Andrehkurbel (Deutzer Sicherheitskurbel).

Andrehkurbeln werden bei kleineren Maschinen unmittelbar auf die anzutreibende Welle gesetzt. Bei größeren Maschinen wird zwischen Andrehkurbel und Kurbelwelle ein Vorgelege, Ketten- oder Rädergetriebe, eingeschaltet und hierdurch eine Übersetzung ins Langsame herbeigeführt. Die sogenannten Sicherheitskurbeln müssen augenblicklich ausgerückt werden: sowohl dann, wenn die Maschine unter dem Einfluß der Verpuffung plötzlich anspringt, d. h. rascher zu laufen anfängt, als sich die Andrehkurbel dreht, als auch dann, wenn sich im Falle einer Frühzündung die Maschine plötzlich in einem der Andrehkurbel entgegengesetzten Sinne zu drehen beginnt. Ein Beispiel einer solchen Sicherheitskurbel der Gasmotorenfabrik Deutz zeigen die Fig. 245—247. In diesen ist 1 die anzudrehende Welle, die mit dem einen Teil 2 einer Klauenkuppelung in fester Verbindung steht. Dieser Teil trägt an seiner Stirnfläche schräg verlaufende Zähne 3; diese greifen in entsprechend ausgebildete Zähne 4 des anderen, mit der Kurbel fest verbundenen Kuppelungsteiles 5, der auf einem mit der Kurbelwelle verschraubten Bolzen 6 axial verschiebbar und drehbar angeordnet ist. Der Bolzen besitzt an seinem Ende eine Einkerbung 7, in die ein unter Federwirkung stehender, im Teil 5 geführter Stift 8 einschnappt. An dem Teil 5 sitzt ferner noch drehbar eine Sperrklinke 9, die durch eine Feder 10 in der in der Fig. 247

veranschaulichten Lage gehalten wird. Wie die Figur zeigt, kann sich diese Klinke nur in der dem Sinne des Uhrzeigers entgegengesetzten Richtung drehen. Schließlich ist noch der mit schräg ansteigenden Zähnen versehene Sperrkranz 11 zu erwähnen, der an dem Maschinengestell befestigt ist. Die Wirkungsweise der Kurbel ist folgende. Beim Andrehen legen sich die Zähne 4 gegen die Zähne 3, wodurch Welle 1 mitgenommen wird. Sperrklinke 9 stößt hierbei gegen jeden vorstehenden Zahn des festen Sperrkranzes 11, was aber belanglos ist, da die Klinke in dem dem Laufe des Uhrzeigers entgegengesetzt gerichteten Sinne ausweichen kann. Springt die Maschine plötzlich an, so gleiten die schrägen Flächen der Zähne 3 an den entsprechenden Flächen der Zähne 4 entlang und verschieben den Teil 5 mit der Kurbel, bis Stift 8 in die Eindrehung 7 einfällt.

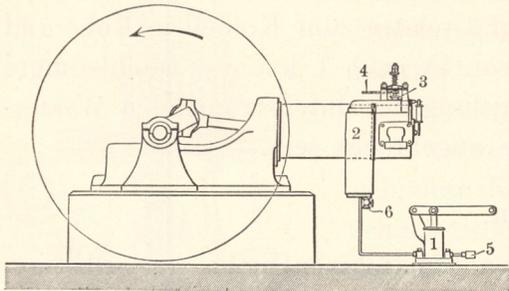


Fig. 248. Andrehen mit explosiblem Gemisch.

Die Kurbel steht nunmehr still (s. Fig. 246) und kann leicht nach Anheben des Stiftes 8 von der sich drehenden Welle bzw. dem Bolzen 6 abgezogen werden. Mitunter tritt nun eine Entzündung des Gasgemisches vor Beendigung der Kompression, eine sogenannte Frühzündung, ein. In diesem Falle kann der Kolben den Kompressionshub nicht beenden, sondern wird sofort wieder zurückgetrieben, so daß sich die Maschine im entgegengesetzten Sinne dreht, welche Bewegung durch die in Richtung der Achse verlaufenden Flächen der Zähne 3 und 4 auf die Andrehkurbel übertragen wird. Gleichzeitig legt sich aber auch die Sperrklinke 9 gegen die schräg ansteigende Fläche eines der Zähne des Sperrkranzes 11 (s. Fig. 247). Die Sperrklinke wird hierdurch veranlaßt, sich im Sinne des Uhrzeigers zu drehen. Da sie dieses nicht kann, wird sie durch die schräge Zahnfläche in axialer Richtung verschoben, so daß die Zähne 3 und 4 außer Eingriff kommen. Teil 5 und die Kurbel nehmen nunmehr die in Fig. 246 veranschaulichte Lage ein.

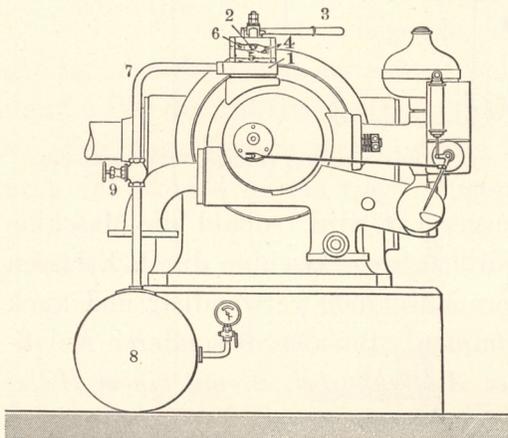


Fig. 249. Anlassen mit Druckluft.

Andrehen mit einem Hilfsmotor empfiehlt sich, wenn eine zweite Kraftmaschine vorhanden ist, es also nicht der besonderen Aufstellung einer solchen bedarf. Billiger als dieses Verfahren ist das *Anlassen mit explosiblem Gemisch*. Hierbei wird die Kurbel zunächst etwa 20° über diejenige innere Totpunktlage gestellt, bei der die Zündung stattfindet. Zum Einführen des Gemisches dient die kleine Handpumpe 1 (Fig. 248), die mit dem Behälter 2 in Verbindung steht. 3 ist das durch den Hebel 4 zu öffnende Anlaßventil und 5 der mit Benzin zu beschickende Vergaser. Zunächst wird bei geöffnetem Anlaßventil 3 mit der kleinen Handpumpe 1 Gemisch in das Zylinderinnere gepumpt. Dies muß vorsichtig geschehen, um zu verhüten, daß infolge des entstehenden Druckes der Kolben vorwärts geht. Hierauf wird das Anlaßventil geschlossen und der Behälter 2 auf einen höheren Druck aufgepumpt. Im Anschluß hieran findet ein rasches Öffnen des Anlaßventils statt. Das unter höherem Druck stehende Gemisch strömt in den Zylinder über und treibt den Kolben langsam vorwärts, bis eine Entzündung stattfindet, worauf das Anlaßventil geschlossen wird. Die durch die Entzündung hochgespannten Gase erteilen dem Kolben eine raschere Bewegung, wodurch in dem Schwungrade lebendige Kraft aufgespeichert wird, und zwar so viel, daß die Maschine einige weitere Umdrehungen machen und hierbei den normalen Betrieb einleiten kann. 6 ist schließlich noch ein kleiner Hahn an dem Behälter 2, der zu dessen Reinigung von den Verbrennungsrückständen dient. Diese Reinigung geschieht dadurch, daß beim Auslaufen der Maschine dieser Hahn geöffnet wird, wodurch bei geöffnetem Ventil 3 reine Luft angesaugt und wieder ausgestoßen wird.

Anlassen mit Druckluft ist heute das häufigste Anlaßverfahren. Die hierzu erforderliche

Druckluft wird bei kleineren Maschinen dadurch gewonnen, daß nach Abstellung der Brennstoffzufuhr die während des Auslaufens der Maschine angesaugte und komprimierte Luft in einen Sammelbehälter hineingedrückt wird. Ein Beispiel hierfür zeigt Fig. 249. In dieser ist 1 das Ladeventil, dessen Spindel die Zapfen 2 trägt; diese werden in ansteigenden Nuten des Ventilgehäuses geführt und durch Drehen des Hebels 3 in drei verschiedene Lagen 4, 5, 6 gebracht. 7 ist die zum Sammelbehälter 8 führende Leitung, in die ein Ventil 9 eingeschaltet ist. Während des normalen Betriebes befinden sich die Zapfen 2 in der Stellung 4, wodurch das Ventil derart fest auf seinen Sitz gepreßt wird, daß es von den im Zylinder auftretenden hohen Drucken nicht geöffnet wird. Beim Auslaufen des Motors werden die Zapfen in die Mittelstellung 5 gebracht. Nunmehr wird das Ventil, wenn die frisch angesaugte Luft komprimiert wird, geöffnet, so daß die Druckluft durch die Leitung 7 in den Sammelbehälter 8 eintreten kann. Soll schließlich beim Stillstand der Maschine angelassen werden, so werden die Zapfen in die dritte Stellung 6 gebracht, dadurch das Ventil geöffnet und die Verbindung zwischen Druckluftbehälter und Zylinder hergestellt. Dieser besonderen Ausführungsform des Verfahrens haftet der Übelstand an, daß der jeweilig zum Anlassen vorhandene Luftvorrat nur verhältnismäßig gering ist. Ist er verbraucht, und ist die Maschine dabei aus irgendeinem Grunde nicht angesprungen, so muß zu einem Andrehen von Hand geschritten werden. Um dieses zu vermeiden, werden größere Maschinen mit besonderen Anlaßkompressoren ausgerüstet, die während des Betriebes von der Maschine angetrieben werden und Luft von 10—15 at in einen Sammelbehälter pressen (vgl. hierzu auch das Klappmodell des Dieselmotors).

Das Anlaßverfahren mit elektrischem Strom ist nur anwendbar, wenn die Verbrennungsmaschine zum Antrieb einer Dynamomaschine dient und eine Akkumulatorenbatterie vorhanden ist. In diesem Falle wird die Dynamo als Elektromotor geschaltet, der mit dem aufgespeicherten Strom betrieben wird und die Verbrennungsmaschine andreht.

6. Schalldämpfungsmittel.

Die Schalldämpfungsmittel müssen sowohl am Ansaugerohr als auch am Auspuffrohr vorgesehen sein, um das Strömungsgeräusch der angesaugten Luft und der auspuffenden Abgase zu verringern. Sie werden als *Saug-* und *Auspufftöpfe* bezeichnet. Bei den Saugtöpfen wird noch der Nebenzweck verfolgt, die Luft von groben Verunreinigungen zu befreien. Die Dämpfung des Schalles erfolgt entweder durch allmähliche Verminderung der Strömungsgeschwindigkeit oder durch nach dem Prinzip der Helmholtz-Resonatoren ausgebildete Ausgleichräume.

Ein *Saugtopf* hat eine Größe, die etwa dem fünffachen Hubvolumen des Arbeitszylinders gleichkommt. Unter Umständen genügt es, die Maschine aus dem hohlen Rahmen- oder Gestellfuß ansaugen zu lassen. Unzweckmäßig ist es dagegen, bei stehenden Maschinen die Ansaugluft aus dem geschlossenen Kurbelgehäuse zu entnehmen, da diese Luft einerseits wegen der Erwärmung von geringerer Dichte und andererseits nicht frei von Verunreinigungen wie Abdämpfen ist. Bei großen Maschinen werden gemauerte Saugschächte angeordnet, aus denen die Maschine ansaugt.

Die *Auspufftöpfe* müssen, um ihren Zweck wirksam zu erfüllen, größer sein als die Saugtöpfe. Bei ihnen wird mit einem 15—20fachen Volumen des Arbeitszylinders gerechnet. Da infolgedessen ihre bauliche Anordnung auf Schwierigkeiten stößt, werden häufig mehrere kleinere Auspufftöpfe hintereinander geschaltet. Auch hier hat sich bei größeren Maschinen die Anordnung gemauerter unterirdischer Kanäle als vorteilhaft erwiesen, nachdem sich der erste Spannungsausgleich zwischen Auspuffgasen und Atmosphäre in einem Auspufftopf vollzogen hat. Ferner ist noch darauf zu achten, daß die heißen Auspuffgase — diese verlassen die Maschine mit einer Temperatur von etwa 400° — vor dem Eintritt in den Auspufftopf gekühlt werden. Mitunter wird eine schädliche Erwärmung des Auspufftopfes dadurch vermieden, daß das von der Maschine abgeführte Kühlwasser zum Teil in den Auspufftopf eingespritzt wird. Über die Kühlung der Auspuffgase vgl. die Beschreibungen der Fig. 250 und Fig. 273.