

stehen geblieben ist, dann muß die Maschine beim Anlassen zuerst ange dreht werden; andererseits ist ein Drehen im kalten Zustande bei Aus besserungen notwendig. Man verwendet für diesen Zweck kleine Zwilling s-dampfmaschinen mit Umsteuerung, welche eine Schnecke in Drehung ver setzen, die entweder in ein eigenes auf der Maschinenwelle sitzendes Schneckenrad eingreift oder man verwendet hierzu bei Maschinen mit Endkurbeln den äußeren Kranz der zur Kurbelscheibe ausgebildeten Kurbel. Die Verbindung des Anlaßmaschinchens mit der Maschinenwelle muß selbstverständlich derart eingerichtet sein, daß sie beim Angehen der Maschine gelöst wird*).

Stehende Großmaschinen sind immer wesentlich teurer als gleich leistungsfähige liegende Maschinen; andererseits ist in Anbetracht der Höhendimensionen großer Tandemmaschinen (Maschinen von 2000 bis 3000 PS messen von der Sohle bis zum obersten Cylinderdeckel 11 bis 12 m) die Übersicht und Bedienung ungemein erschwert; ein Wärter ist überhaupt nicht imstande die Maschine übersehen zu können; man pflegt daher gewöhnlich bei größeren Anlagen eine oder zwei Gallerien anzu ordnen, sodaß je ein Wärter die untere beziehungsweise obere Partie der Maschine bedient. Aus diesen Gründen ist für Großmaschinen die stehende Bauart nur dann gerechtfertigt, wenn die Raumverhältnisse die liegende Bauart ausschließen. Für kleinere Maschinen, deren Konstruktionshöhe nicht mehr als 3 höchstens 4 m beträgt, fallen diese Übelstände der stehenden Aufstellung nicht so sehr ins Gewicht**).

202. Einfach wirkende Schnellläufer. Die gewöhnliche, liegende oder stehende doppeltwirkende Maschine kann anstandslos mit hoher Touren zahl laufen, wenn die Gewichte der abwechselnd bewegten Teile ent sprechend vermindert, alle Laufflächen genügend groß gewählt werden und dafür gesorgt wird, daß die in der Maschine auftretenden Drücke möglichst symmetrisch verteilt und die Massenwirkung ausgeglichen wird. Wir besitzen Beispiele schnelllaufender doppeltwirkender Maschinen in den Betriebsmaschinen der Torpedoboote, welche bei einer Leistung von 1000 PS und darüber mit 400 bis 500 Umdrehungen per Minute laufen; die Maschinen zum Betriebe der Ventilatoren für künstlichen Zug der Torpedo boote laufen mit 1000 Minutenumdrehung und so könnte eine Reihe

*) Eine solche Anlaßvorrichtung wie sie bei den 1500 PS-Maschinen der All gemeinen Elektrizitäts-Gesellschaft in Wien in Verwendung steht, siehe *Zeitschrift des Vereins deutscher Ingenieure*, Jahrg. 1900, S. 690.

**) Eine übersichtliche Besprechung der bei stehenden Maschinen in Betracht kommenden Gesichtspunkte siehe *Zeitschrift des Vereins deutscher Ingenieure*, Jahrg. 1899, S. 540 unter dem Titel „Stehende Dampfmaschinen“.

ähnlicher Fälle als Beweis angeführt werden, daß auch doppelwirkende Maschinen bei richtiger Disposition und Detailausführung mit sehr hoher Tourenzahl arbeiten können. Trotzdem eignen sich die einfachwirkenden Maschinen aus mehrfachen Gründen für den Schnellbetrieb besser wie die doppelwirkenden.

Das Wesen der einfachwirkenden Maschine gipfelt darin, daß der Dampf nur auf der rückwärtigen Seite des Kolbens eintritt, die Schubstange daher während der ganzen Umdrehung komprimiert wird. Abgesehen davon, daß infolge des nur einseitigen Dampfeintrittes die Steuerung wesentlich vereinfacht wird, hat dies den großen Vorteil, daß die abwechselnde Zug- und Druckwirkung, sowie das hierdurch verursachte Schlagen in den Gelenken gänzlich vermieden werden kann.

Damit die Schubstange jedoch stets gedrückt werde, muß während des Kolbenrücklaufes oder Ausströmhubes von dem Kolben ein gewisser elastischer Widerstand überwunden werden, worauf schon im X. Abschnitt hingewiesen wurde. Während der ersten Hälfte dieses Hubes wird das Gestänge von der Kurbel ausgehend beschleunigt, steht daher unter der gegen Hubmitte stetig abnehmenden, die Stange jedoch gleichfalls komprimierenden Wirkung des Beschleunigungsdruckes. Von einem Punkte in der Nähe der Hubmitte angefangen geben jedoch die bewegten Massen die vorher erlangte Energie wieder ab und würde daher, da nun das Gestänge an der Kurbel zu ziehen beginnt, ein Druckwechsel in den Gelenken eintreten, wenn nicht auf den Kolben ein Gegendruck ausgeübt würde, der in jedem Momente mindestens ebenso groß ist, als der Verlust an Energie seitens des Kolbens und Gestänges.

Dieser Gegendruck wird entweder durch Kompression des Ausströmdampfes oder durch zusätzlichen Kolbendruck, indem man frischen Kesseldampf gegen einen Hilfskolben wirken läßt, oder durch Luftkompression erzeugt.

Der Bedarf an geeigneten schnellaufenden Maschinen, welche ohne Zwischentransmission direkt an eine Dynamomaschine gekuppelt werden können, hat viel zur erfolgreichen baulichen Entwicklung einfachwirkender Schnellläufer beigetragen.

Eine der ersten Konstruktionen dieser Art ist die bekannte Dreicylindermaschine von Brotherhood, welche im Jahre 1873 eingeführt wurde; eine neuere Ausführung dieser Maschine ist durch die Figuren 215 und 216 (s. S. 522) im Längen- und Querschnitte dargestellt.

Drei unter 120° versetzte Cylinder sind in einem gemeinschaftlichen Gehäuse eingeschlossen, dessen Inneres zugleich den Ausströmraum bildet. Die Kolben sind als Trunkkolben mit Kugelgelenk ausgebildet, an welchem die Kolbenstange mit Wegfall der Schubstange direkt angreift.

Die drei in einer Ebene arbeitenden Kolbenstangen greifen andererseits an einer gemeinschaftlichen zum Balancegewicht erweiterten Kurbel an. Der Dampfzutritt zum Rücken der Kolben wird durch Kolbenschieber gesteuert, welche ihren Antrieb von einem gemeinschaftlichen Excenter erhalten; um Raum zu ersparen, ist die Excenterscheibe hohl ausgeführt und überhängt das eine der beiden Hauptlager. Der Kesseldampf strömt zuerst durch ein von einem Federregulator beeinflusstes Drosselventil und gelangt von hier erst zu den Einlaß-

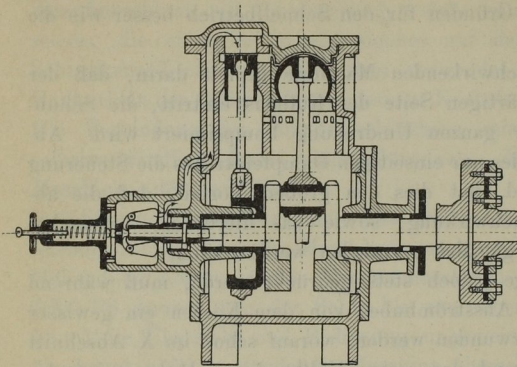


Fig. 215.

schiebern. Die Ausströmung wird durch die Kolben selbst gesteuert, indem dieselben Ausströmöffnungen der Cylinderwand überstreifen; außerdem wird durch die Oszillationsbewegung des für diesen Zweck erweiterten Kugelgelenkes eine Öffnung in demselben freigelegt, welche während eines Teiles des Ausströmhubes geöffnet bleibt; nach Schluß derselben, vor Mitte des Hubes, beginnt die Kompression.

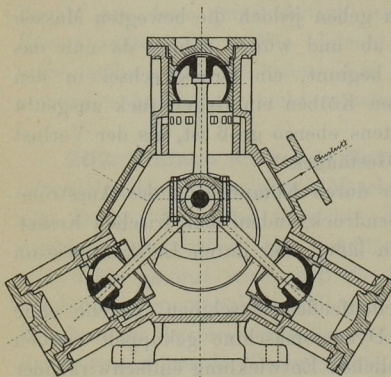


Fig. 216.

ganze Maschine aus drei an einer gemeinschaftlichen Kurbel angreifenden Tandemaschinen besteht.

Die Maschinen können auch mit komprimierter Luft statt mit Dampf betrieben werden; selbstverständlich entfällt hierbei die Verbundanordnung.

Bei anderen einfachwirkenden Maschinen sind die Cylinder nebeneinander und über der Kurbelwelle angeordnet. Kurbeln und Schubstangen sind vollständig gehäuseartig eingeschlossen und dadurch kon-

gesteuert, welche ihren Antrieb von einem gemeinschaftlichen Excenter erhalten; um Raum zu ersparen, ist die Excenterscheibe hohl ausgeführt und überhängt das eine der beiden Hauptlager. Der Kesseldampf strömt zuerst durch ein von einem Federregulator beeinflusstes Drosselventil und gelangt von hier erst zu den Einlaß-

bewegung des für diesen Zweck erweiterten Kugelgelenkes eine Öffnung in demselben freigelegt, welche während eines Teiles des Ausströmhubes geöffnet bleibt; nach Schluß derselben, vor Mitte des Hubes, beginnt die Kompression.

Die Brotherhood-Maschine wird auch als Compoundmaschine gebaut; die drei Cylinder bilden dann die Niederdruckcylinder, während die Hochdruckcylinder außen angefügt sind, sodaß die

tinuierlich geschmiert, daß die Kurbeln bei jeder Umdrehung in ein, den unteren Teil des Gehäuses füllendes Bad aus Öl und Wasser tauchen.

Die bekannte Westinghouse-Maschine ist eine stehende Zweicylindermaschine, durch Kolbenschieber gesteuert; die Kurbelwelle liegt um die halbe Länge der Kurbel außer dem Cylindermittel, um während des Arbeitshubes den Einfluß der Neigung der Schubstange zu verringern. Während des Anhubes wird die Neigung der Stange infolge dieser Aufstellung entsprechend größer sein, als bei der normalen Bauart, doch spielt dies keine Rolle, da der Kolben retourlaufend keine eigentliche Arbeit verrichtet.

In diese Gruppe von Maschinen gehört auch die bereits im V. Abschnitte bei Besprechung der Willanschen Versuche öfters erwähnte einfachwirkende, durch zentrale Schieber gesteuerte Maschine Willans.

Der außerordentlich günstige Wirkungsgrad dieser Maschinen hinsichtlich ihres Dampfverbrauches, vereint mit der Möglichkeit, die Maschine direkt mit einer Dynamomaschine kuppeln zu können, sowie die verhältnismäßig kleinen Abmessungen derselben als Folge der hohen Kolbengeschwindigkeit, haben Willans Dampfmaschine eine sehr ausgebreitete Verwendung als Betriebsmaschine elektrischer Lichtstationen, zum Antrieb von Zentrifugalpumpen, Ventilatoren u. dgl. in Leistungen bis hinauf zu 3000 PS gesichert. Namentlich in England haben diese Maschinen in verhältnismäßig kurzer Zeit eine große Beliebtheit erlangt, sodaß bereits vor etwa zehn Jahren Maschinen von einer Gesamtleistung über 20 000 PS in London allein in Verwendung standen.

Bei Compound- und Dreifachexpansion werden die Cylinder vertikal übereinander gestellt und der Raum unter dem oberen Kolben als Receiver benützt. In seltenen Fällen wird nur eine Kurbel verwendet, zumeist werden die Maschinen als parallel geschaltete, auf zwei oder drei Kurbeln arbeitende Tandemaschinen ausgeführt. Der Vorteil der dreifach (unter 120°) gekuppelten Maschine hinsichtlich der Gleichmäßigkeit und Ruhe des Ganges wurde bereits an früherer Stelle besprochen.

Die allgemeine Anordnung der Maschine, sowie die derselben eigentümliche zentrale Kolbenschiebersteuerung ist aus Fig. 217 (s. S. 524) ersichtlich, welche eine gekuppelte Tandemcompoundmaschine darstellt.

Zum Zwecke der Steuerung ist die gußeiserne Kolbenstange hohl ausgeführt, cylindrisch ausgebohrt und dient zur Aufnahme der Kolbenschieber, welche untereinander in starrer Verbindung, durch ein auf dem Kurbelzapfen befestigtes Excenter betätigt werden. Die relative Bewegung dieser Schieber in Beziehung zu der Bewegung der Kolbenstange vermittelt die Admission, den Dampfübertritt sowie dessen Austritt, somit

alle Phasen der regelrechten Dampfverteilung auf die beiden zusammenarbeitenden Cylinder.

Der Kreuzkopf ist gleichfalls zum Kolben ausgebildet und läuft in

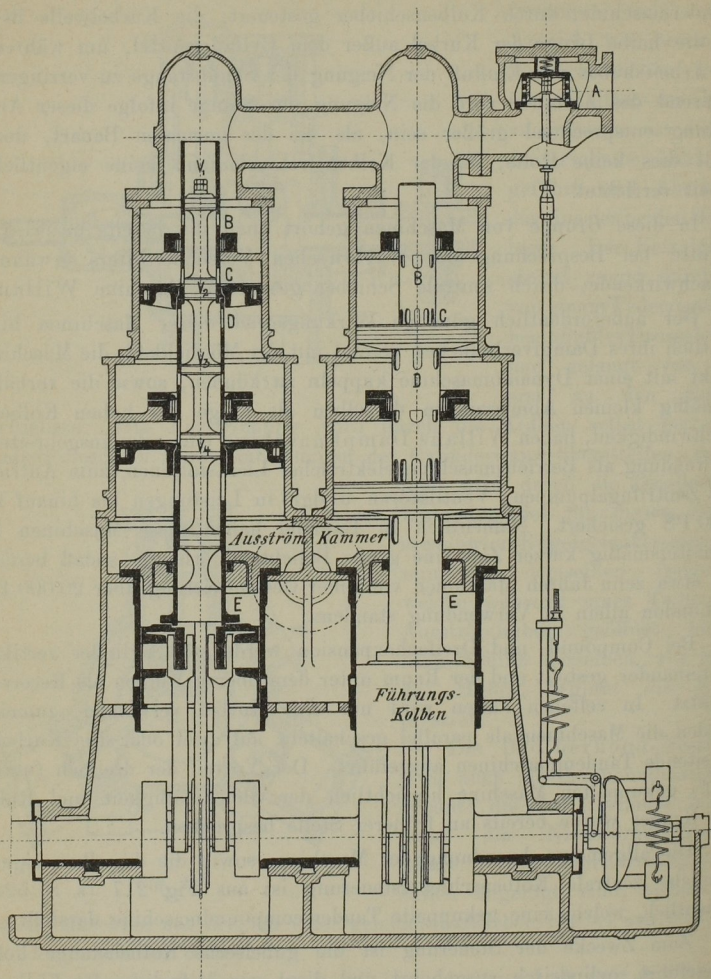


Fig. 217.

einer vollständig geschlossenen cylindrischen Führung; der Raum über dem Kreuzkopf dient während des Anhubes als Kompressionsraum; die in demselben eingeschlossene Luft wird verdichtet und bildet somit einen

Luftpuffer zur Verhinderung des Druckwechsels im Gestänge. Die zur Kompression der Luft während des Anhubes aufgewendete Arbeit wird infolge Expansion derselben während des Kolbenniederganges fast verlustlos wieder an die Maschine abgegeben.

Die Schieberexcenterstange wird gleichfalls durch den auf dem obersten Schieber stetig lastenden Dampfdruck komprimiert, beziehungsweise immer unter einseitig wirkendem Druck arbeiten. Die Schubstange der Maschine ist in zwei Stangen geteilt, zwischen welchen das Excenter läuft; die Excenterscheibe ist mit dem Kurbelzapfen derart verbunden, daß die Relativbewegung der Schieber zur Kolbenstange dieselbe ist, wie die Bewegung eines gewöhnlichen Schiebers auf einem fixen Schieberspiegel, wenn derselbe durch ein auf der Kurbelwelle befestigtes Excenter betätigt wird.

Der Dampf tritt bei *A* ein, passiert zunächst das von einem Federregulator kontrollierte Drosselorgan und gelangt durch die Schlitze *B* und *C* der hohlen Kolbenstange in den obersten (Hochdruck-) Cylinder. Sobald die Schlitze *B* bei der Abwärtsbewegung der Kolbenstange durch die Laufbüchse des oberen Cylinderbodens verdeckt werden, beginnt die Expansion. Schieber V_2 überläuft die Schlitze *C* und setzt gegen Ende des Hubes die Schlitze *C* und *D*, also den Raum über dem Kolben, in welchem der Dampf eben expandierte, durch Vermittlung des Raumes zwischen den Schiebern V_2 und V_3 mit dem Raume über dem Deckel des unteren Cylinders in Verbindung, sodaß der Dampf nun in diesen Raum entweichen kann. Dieser Raum dient daher als Receiver, aus welchem der Dampf während des nächsten Niederhubes in den unteren Cylinder überströmt, genau so gesteuert, wie beim Eintritte in den oberen Cylinder. Bei dreifacher Expansion ist unter dem zweiten Cylinder, der dann die Funktion des Mitteldruckcylinders übernimmt, ein dritter Cylinder situiert, durch welchen der Dampf während der dritten Umdrehung in genau der gleichen Weise passiert, wie vorher durch den zweiten beziehungsweise ersten Cylinder. Schließlich entweicht der Dampf durch Vermittlung des Schiebers V_4 in den Ausströmraum. Das Kolbenstangenrohr ist nach unten durch einen weiteren Schieber geschlossen, damit der Dampf nicht in den Luftkompressionsraum gelangen kann.

Die in dem Kompressionsraum befindliche Luft wird bei jedem Kolbenhub erneuert; zu diesem Zwecke steht der Kompressionsraum *E* in geeigneter, in Fig. 217 nicht angedeuteter Weise mit der Außenluft in Verbindung; desgleichen muß beim Anlassen der Maschine die Kompression abgestellt werden, wozu eigene Lufthähne dienen, die bei Ingangsetzung geöffnet und sobald die Maschine die ersten selbständigen Umdrehungen gemacht hat, wieder geschlossen werden.

Die Benützung der Luft für die Kompression an Stelle von Dampf

bietet den Vorteil, daß die Kompressionswirkung bestehen bleibt, ob nun der Dampf auspufft oder in einen Kondensator entweicht*).

Von verschiedenen einfachwirkenden Schnellläufern, welche in der allgemeinen Anordnung der Willans-Maschine sehr ähnlich sind, sei hier noch die Maschine von Mather & Platt erwähnt, bei welcher das Gestänge statt unter Druck beständig unter Zug erhalten wird, indem der Frischdampf nicht über, sondern nur unter den Kolben eingelassen wird.

Ein Balancekolben, dessen untere Fläche fortwährend unter Dampfdruck steht, hält die Zugwirkung auch während jener Periode aufrecht, während welcher zufolge der Trägheit des abwechselnd bewegten Gestänges ein Wechsel von Zug in Druck eintreten würde. Auch diese Maschine wurde bereits an früherer Stelle (§ 181) hinsichtlich der Wirkung der bewegten Massen derselben besprochen.

203. Wasserhebemaschinen. Maschinen zum Betriebe von Pumpen und Gebläsen können ohne Rotationsbewegung arbeiten, indem die hin- und hergehende Bewegung des Dampfkolbens direkt oder indirekt (durch Vermittlung eines Balanciers) auf die Pumpen- oder Gebläsekolben übertragen werden kann. Man findet jedoch in neuerer Zeit sehr häufig Ausführungen mit Rotationsbewegung; Gebläsemaschinen werden heutzutage fast ausschließlich als Kurbelmaschinen, liegend oder stehend, gebaut.

Die Aufstellungsart der Wasserhebemaschinen wird durch die Tiefe des Wasserspiegels unter dem Niveau des Aufstellungsortes mit beeinflusst. Liegt der Wasserspiegel hoch genug, dann werden gewöhnliche liegende Maschinen mit rückwärts angehängter liegender Pumpe bevorzugt; bei tief liegendem Wasserspiegel, wie dies beispielsweise in Bergbauen stets der Fall ist, ist die direkt oder indirekt wirkende Vertikalmaschine die gebräuchlichste Aufstellungsart, doch können auch liegende Maschinen in solchen Fällen verwendet werden, wenn man sogenannte Kunstkreuze mit rechtwinkliger Bewegungsumkehr zum Antriebe der tiefstehenden Pumpen benützt; die Pumpe hängt dann an dem horizontalen Arm, während die über Tag liegende Dampfmaschine an dem vertikalen Arm des Kreuzes angreift.

*) Beschreibung und Zeichnung von Willans Dampfmaschine siehe u. a.: *Zeitschrift des Vereins deutscher Ingenieure*, 1885, S. 925, 1886, S. 579 und 1892, S. 960. Anlässlich der Pariser Ausstellung 1900 war von Willans & Robinson, Victoria-Werke, Rugby, eine 2400 PS Dreifach-Expansionsmaschine ausgestellt, welche eine Bodenfläche von 9,4 m \times 3,4 m beanspruchte; die Cylinder hatten 480, 770 beziehungsweise 1240 mm Durchmesser bei 600 mm Hub; die Maschine lief bei 10 Atmosphären Dampfspannung mit 200 Umdrehungen pro Minute; *Engineering*, 1900, S. 552. Die Ausstellung in Glasgow brachte zwei Maschinen von je 1500 PS; Raumbedürfnis 4,8 m \times 2,6 m pro Maschine. Die Maschinen arbeiteten bei 380, 600 beziehungsweise 950 mm Cylinderdurchmesser und 430 mm Hub und einer Dampfspannung von 12,7 Atmosphären mit 230 Umdrehungen pro Minute.