

Federspannung, der Gewichte oder der Übertragungsverhältnisse zur Folge hat. Nun sind aber diese Verhältnisse, um eine maximale Wirkung zu erzielen, nur innerhalb enger Grenzen veränderlich; andererseits sind namentlich bei den älteren nicht vollkommen ausbalancierten Regulatoren die Gewichte der Excenter und des Gestänges von wesentlichem Einflusse auf die Umlaufszahl derselben und müssen daher bei Berechnung und Konstruktion des Reglers genau berücksichtigt werden. Flachregler lassen sich daher, da für eine bestimmte mittlere Umlaufszahl berechnet und gebaut, geänderten Tourenzahlen nur schwer oder gar nicht anpassen. Dies sowie der Umstand, daß die Ausführung der Achsenregulatoren besondere Aufmerksamkeit erfordert, hat es mit sich gebracht, daß man längere Zeit hindurch selbst von Seite im Dampfmaschinenbau hervorragender Fabriken dem Achsregler mit einem gewissen Mißtrauen begegnete und selbst heute gibt es noch einzelne Fabriken, die den Bau dieser Regler grundsätzlich ablehnen*).

166. Expansions-Reguliervorrichtungen. Zu Eingang dieses Abschnittes wurde darauf hingewiesen, daß durch die gebräuchlichen Reguliermethoden entweder die Spannung des Dampfes vor Eintritt in den Cylinder durch Drosselung desselben oder die Füllung des Cylinders bei gleichbleibender Eintrittsspannung beeinflußt wird.

Die ursprünglich von Watt eingeführte Drosselklappe besteht aus einer elliptischen, in den kreisrunden Querschnitt des Dampfzuleitungsrohres schräg eingebauten Platte, welche sich um eine zur Rohrachse senkrechte Spindel dreht; je nach der Stellung dieser Klappe ist der Rohrquerschnitt entweder frei, teilweise oder gänzlich geschlossen. Die Spindel ist in direkter Verbindung mit dem Regulator, welcher somit den Durchflußquerschnitt, also auch die Spannung des Eintrittsdampfes regelt. Da die Klappe symmetrisch zu ihrer Achse angeordnet, also gegen die Wirkung des Dampfes entlastet ist, hat der Regulator außer der Eigenreibung und jener des zumeist sehr einfachen Gestänges nur die Reibung der Spindel infolge der geringen Drehbewegung derselben zu überwinden; diese Reguliermethode benötigt daher keine energischen Regulatoren.

*) Abhandlungen über Achsenregulatoren siehe: W. Lynen, *Die Berechnung der Centrifugalregulatoren*, Berlin 1895. — *Zeitschrift des Vereins deutscher Ingenieure*: 1895 und 1896: M. Tolle, *Beiträge zur Beurteilung der Centrifugalpendelregulatoren*; 1898, S. 327: *Achsenregler mit entlasteten Gelenken*; 1898, S. 549: *Drehschieber- und Kolbenschiebersteuerung mit Flachreglern*; 1899, S. 65: *Die Verstellkraft der Regulatoren*; 1899, S. 506: Prof. Stodola, Zürich, *Das Siemenssche Regulierprinzip und die amerikanischen „Inertia“-Regulatoren*; 1901, S. 981: *Die Fortschritte im Baue von Flachreglern*.

Statt der einfachen Drosselklappe werden heutzutage zumeist entlastete Kolbenschieber oder Doppelsitzventile verwendet.

Wirkt der Regulator direkt auf Änderung der Füllung ein, dann ist die allgemeine Anordnung der Reguliervorrichtung in erster Linie abhängig von der Art der Steuerorgane. Bei Verwendung von Flachschiebern wird entweder der Hub des Grundschiebers bei Einschiebersteuerungen, oder jener des Expansionsschiebers bei Doppelschiebersteuerungen verstellt, oder aber die Überlappungsbreite des Expansionsschiebers derart geändert, daß hierdurch früherer oder späterer Abschluß der Kanäle des Grundschiebers erfolgt.

Als ein Beispiel der Regulierung durch Änderung des Schieberhubes dient der bereits früher namhaft gemachte Regulator Fig. 135. Der Schieber erhält seine Bewegung von einem Excenter durch Vermittelung einer um einen Fixpunkt schwingenden Coulisse; der Regulator verstellt den Angriffspunkt der Schieberlenkerstange in der Coulisse und damit den Schieberhub.

Die Veränderung des Schieberhubes durch Änderung der Excentrizität und des Voreilwinkels des Antriebsexcenters mittels Achsenregulator wurde im vorhergehenden Paragraphen bereits besprochen.

Als ein weiteres Beispiel der Füllungsänderung durch Änderung des Schieberhubes sei des Zusammenhanges wegen die seinerzeit beliebte Schleppschiebersteuerung erwähnt; dieselbe hat heute kaum mehr als historisches Interesse. Der Expansionsschieber besteht aus zwei Lappen, welche infolge der zwischen denselben und dem Grundschieber unter dem Drucke des Dampfes auftretenden Reibung von diesem so lange mitgenommen werden, bis sie, durch einen Anschlag zurückgehalten, sich über die Kanäle des Grundschiebers hinwegschieben und diese schließen; der frühere oder spätere Schluß hängt von der Stellung des beweglichen Anschlages ab. Indem dieser Anschlag vom Regulator verstellt wird, beeinflusst derselbe direkt die Füllung.

Die Schleppschiebersteuerung eignet sich vermöge ihrer Wirkungsweise nur für langsam gehende Maschinen; andererseits gewährt dieselbe mit Rücksicht auf das lineare Voreilen des Grundschiebers und den Umstand, daß die Füllung beendet sein muß, wenn der Grundschieber in seiner äußersten Stellung steht, nur geringe Maximalfüllungen, zwischen 30 und 40% des Cylinderhubes. Unter den Schleppschiebersteuerungen war seinerzeit die nach ihrem Konstrukteur benannte Farcot-Steuerung die beliebteste.

Unter den Steuerungen, bei welchen die Überlappung des Expansionsschiebers durch den Regulator verändert wird, ist die bekannteste und bewährteste Konstruktion die bereits bei Besprechung der Doppelschiebersteuerungen erwähnte Ridersteuerung. Durch achsiale Verdrehung des

cylindrisch aufgerollten, trapezförmigen Expansionsschiebers wird die Distanz der Arbeitskanten verändert und dadurch, bei gleichbleibendem Schieberhub, der frühere oder spätere Abschluß der Durchflußkanäle des Grundschiebers erzielt. Diese Verdrehung besorgt der Regulator. Bei vollständig entlasteten Schiebern hat der Regulator nur die Reibung der Schieberspindel und Gestänges zu bewältigen. Ist der Schieber nicht entlastet, dann sind allerdings die Reibungswiderstände bedeutend und bedürfen einen Regulator von großem Energievermögen.

Die namentlich bei großen stationären Dampfmaschinen am weitesten verbreitete automatische Regulierung der Füllung besteht dem Wesen nach darin, daß das Steuerorgan mit dem Antriebs-elemente nicht in fortwährend zwangläufiger Verbindung steht, sondern derart mit demselben gekuppelt ist, daß eine Lösung dieser Verbindung an irgend einer Stelle des Füllungshubes möglich ist. Den Zeitpunkt der Lösung bestimmt der Regulator. Die Steuerung besteht somit aus zwei Teilen: der eine Teil bleibt mit dem Antriebs-elemente, der andere Teil mit dem Steuerorgane in unveränderter Verbindung; man nennt diese Teile auch die aktive und passive Steuerung.

Bei jeder Umdrehung der Maschine findet im allgemeinen eine einmalige Lösung und Kuppelung dieser beiden Teile statt. Die Lösung erfolgt entweder in dem Momente, in welchem das Steuerorgan seine Schlußlage erreicht, oder unmittelbar vorher, in welchem Falle das Steuerorgan unter dem Einflusse eines Gewichtes, einer Feder etc. freiläufig, also nahezu plötzlich in seine Schlußlage zurückkehrt. Man kann daher von diesem Gesichtspunkte betrachtet die Steuerungen in zwangläufige und freiläufige oder Ausklinksteuerungen unterscheiden. Die ganze große Gruppe dieser Steuerungen nennt man **Präzisionssteuerungen**.

Das steuernde Organ wird stets mit gleicher Geschwindigkeit geöffnet, ob die Füllung groß oder klein ist, und bleibt während der Admission verhältnismäßig lang geöffnet, um nahezu plötzlich zu schließen. Die Indikatordiagramme haben daher, gut funktionierende Steuerungen vorausgesetzt, nahezu horizontale Admissionslinien und scharf ausgeprägten Füllungsschluß.

Die Steuerorgane der Präzisionsmaschinen sind entweder Drehschieber oder Ventile. Die erste Drehschiebermaschine dieser Art wurde 1849 von G. H. Corliß in Providence, U. S., eingeführt*) und im Laufe der Jahre wesentlich verbessert, sowie neue konstruktive Ausführungen desselben Grundgedankens auch von anderen Konstrukteuren ersonnen wurden;

*) Corliß hatte am 10. März 1849 sein erstes Patent auf die von ihm erfundene Steuerung mit 4 getrennten Flachschiebern genommen; erst 1850 benutzte er die von Maudslay & Co. schon 1845 als Verteilschieber eingeführten Rundschieber.

diese Maschinentype in ihren verschiedenen Varianten führte lange Zeit hindurch den Namen Corlißmaschine.

Nachdem der Drehschieber (Corlißschieber, Corlißhähne) als Steuerorgan bereits im vorhergehenden Abschnitt besprochen wurde, erübrigt hier nur mehr, die Art und Weise der Einwirkung des Regulators zu erörtern.

Die Original-Corlißsteuerung und deren Varianten sind Ausklinksteuerungen. Als Beispiel sei die Spencer-Inglis-Steuerung Fig. 155 und

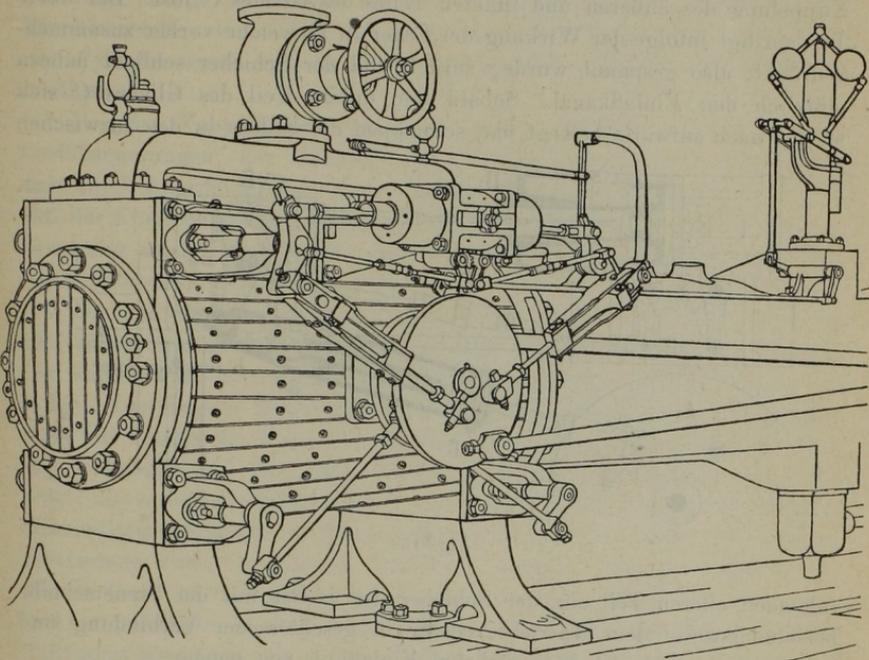


Fig. 155.

156 gewählt*). Die senkrecht zur Achse des Dampfzylinders gelagerte Steuerscheibe *A* erhält ihre schwingende Bewegung von einem Excenter der Maschinenwelle und überträgt dieselbe durch Vermittelung des Zwischenliedes *C* auf den Einlaßschieber *B*.

Die Auslaßschieber am Bauche des Zylinders sind entweder von derselben Steuerscheibe oder von einer zu dieser parallel gelagerten Scheibe mit eigenem Excenterantrieb gesteuert.

*) Spencer & Inglis in London patentierten 1868 eine Corlißsteuerung, welche A. Collmann 30 Jahre später als Grundlage zu seiner neuen Steuerung benützte.

Das Glied *C* besteht aus zwei Teilen; der eine Teil ist an den Zapfen des Schieberhebels *B* angelenkt und führt sich auf einer Stange des zweiten Teiles, welcher seinerseits an dem Zapfen der Steuerscheibe *A* angreift; beide Teile sind durch die nach innen federnden Blattfedern *aa* verbunden. Zwischen den Federn und mit dem oberen Stücke durch einen Bolzen drehbar verbunden, befindet sich ein Daumen *b*, welcher sich bei der Einwärtsbewegung des Gliedes *C* mehr und mehr aufrichtet, bis er in einem bestimmten Momente die Federn auseinander drückt und dadurch die Kuppelung des äußeren und inneren Teiles des Gliedes *C* löst. Der obere Teil springt infolge der Wirkung der Feder in *D*, welche vorher zusammengedrückt, also gespannt wurde, zurück und der Schieber schließt nahezu plötzlich den Einlaßkanal. Sobald der untere Teil des Gliedes *C* sich wieder nach aufwärts bewegt hat, schnappen die Federn in den inzwischen

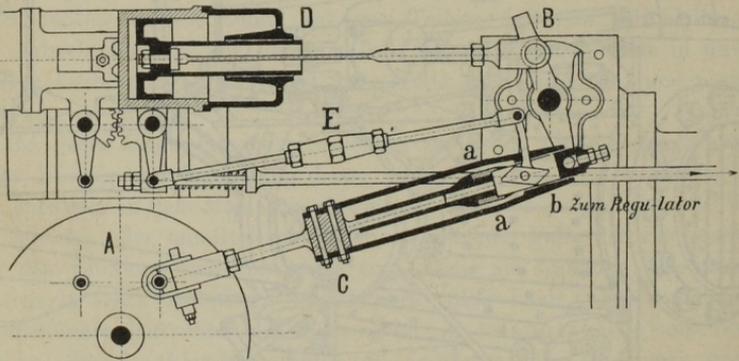


Fig. 156.

ruhenden oberen Teil ein, der Schieber ist wieder mit der Steuerscheibe beziehungsweise dem Antriebsexcenter in geschlossener Verbindung und das Spiel beginnt mit dem nächsten Einlaßhub von neuem.

Die Stellung des Daumens *b* wird vom Regulator durch Vermittelung der Stange *E* in der Weise beeinflusst, daß sich bei zunehmender Geschwindigkeit der Maschine der Daumen im Gliede *C* früher aufrichtet, die Blattfedern daher früher auseinanderdrückt, die Verbindung zwischen aktiver und passiver Steuerung somit löst, wenn der Kolben einen kleineren Teil seines Hubes zurückgelegt hat.

Die zweite Cylinderseite wird in gleicher Weise gesteuert und reguliert.

Die Corliß-Drehschiebersteuerungen wurden seinerzeit durch die Präzisionsventilsteuerungen verdrängt und haben erst in neuerer Zeit durch die Konstruktionen von Frikart u. a. wieder an Terrain gewonnen.

Die Ventilsteuerungen erfordern, da die Bewegung der Ventile und deren Spindeln, im Gegensatze zu der horizontalen Bewegung der Drehschieber, vertikal sein muß, einen anderen Antrieb wie diese; die steuernden Excenter (auch unrunde Scheiben für die Auslaßorgane) sitzen bei den Ventilsteuerungen liegender Maschinen auf einer zur Maschinenachse parallel gelagerten, von der Kurbelwelle durch ein rechtwinkeliges Kegeiräderpaar mit der Übersetzung 1:1 angetriebenen Steuerwelle. Bei den in neuester Zeit wiederholt gebauten stehenden Maschinen mit Ventilsteuerung erfolgt der Anhub der Ventile durch Excenter direkt von der Maschinenwelle aus. Über die Anwendung der Ventile und deren Lage zum Cylinder wurde bereits im vorhergehenden Abschnitt das wichtigste erwähnt.

Bei den Ventilsteuerungen kam zuerst, neuerdings auch bei den Corlißsteuerungen, der Grundgedanke zur Anwendung, die Ausklinkung statt durch Anordnung einer verdrängenden Knagge dadurch herbeizuführen, daß der Klinkenausschlag senkrecht zur Richtung der eigentlichen Steuerbewegung erfolge und direkt durch den von der Steuerwelle ausgehenden Antrieb bewirkt werde.

Die Einführung und Ausbildung dieser Methode der Auslösung der aktiven und passiven Steuerung hatte auch die weitere Vervollkommnung des Ventiles als Steuerorgan für Betriebsmaschinen im allgemeinen zur Folge. Den Impuls hierzu gab die Firma Gebrüder Sulzer in Winterthur, mit welcher der Name des Konstrukteurs dieser Steuerungen, Brown, eng verknüpft ist. Die erste Sulzermaschine stammt aus dem Jahre 1867; die verbesserte Konstruktion vom Jahre 1873 ist in Fig. 157 (S. 368) schematisch dargestellt als Beispiel dieser Gruppe von Ausklinksteuerungen. Heutzutage sind verschiedene Bauarten, welchen derselbe Gedanke zugrunde liegt, im Gebrauche, von diesen sind jene, welche von Gebrüder Sulzer herrühren, speziell hervorzuheben, wie überhaupt diese Firma die Anregung zur Ausgestaltung der Präzisionsventilsteuerungen und speziell auch der zwangsläufigen Steuerungen gegeben hat.

Die Excenterstange ist aus zwei parallelen Schienen gebildet, deren Endpunkt e durch die um d drehbare Doppelschwinge de geführt ist; zwischen dieser Schwinge liegt der zweiarmige Ventilhebel mit dem Drehpunkte in d . An dem Endpunkte f dieses Hebels ist die zwischen den beiden Excenterstangen situierte Zugstange fe angelenkt, welche ihre Stellung durch Vermittelung des Gliedes ge und des Hebels hg erhält; die Rundstange h wird vom Regulator gedreht und damit die Zugstange fe verstellt. Die Kuppelung dieser Stange mit der Excenterstange erfolgt durch je einen Anschlag m beziehungsweise m' . Die Kante des treibenden Anschlages m durchläuft stets in demselben Sinne eine geschlossene ellipsen-

ähnliche (da der Punkt *c* nicht in einer Geraden geführt ist) Kurve, während die Kante des getriebenen Anschlages *m'* einen Kreisbogen um den

Punkt *g*, welcher bei ungeändertem Regulatorstande festliegt, beschreibt. Die Kombination der Bewegung der Kante *m* im Sinne der Excenterstangenmittellinie und der darauf senkrechten Ausschlagbewegung ersetzt die Klinkenbewegung. So lange die Kante *m* die Kante *m'* nicht berührt, ist das Ventil und die passive Steuerung in Ruhe. Sobald die beiden Anschläge zusammentreffen, beginnt der Anhub des Ventiles; die Eröffnung dauert

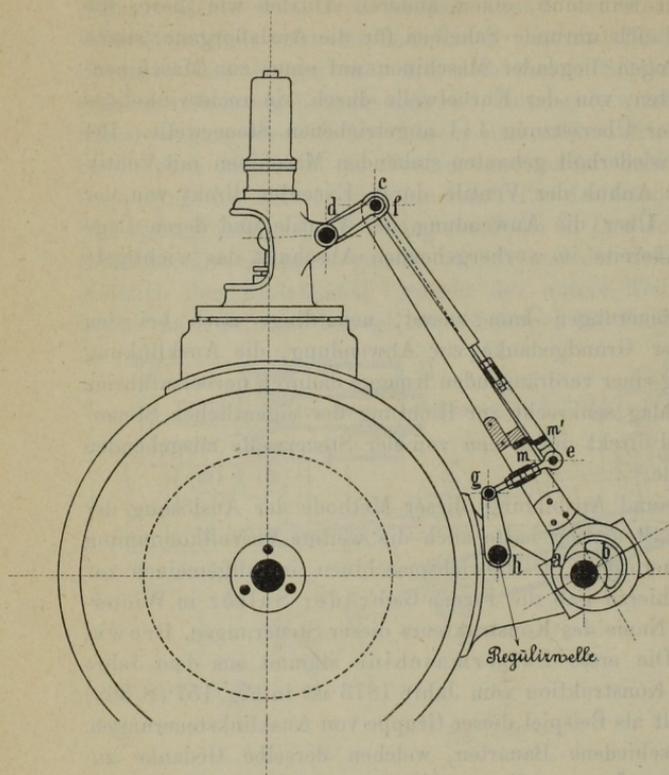


Fig. 157.

so lange wie die Berührung derselben; das Abrutschen erfolgt in dem unteren Schnittpunkte der Kurve der Kante *m* mit der Kreisbahn der Kante *m'*.

Da die Stellung der Kante *m'*, beziehungsweise die Lage der Kreisbahn derselben von der Konfiguration des Regulators abhängt, diktiert dieser die Füllung der Maschine.

Der Vorteil dieser Reguliermethode liegt darin, daß die erreichbaren Füllungsgrenzen bedeutend weiter auseinander liegen; theoretisch, ohne Rücksicht auf Voreinströmung und Vorausströmung, könnten alle Füllungen zwischen Null und Voll erreicht werden; tangiert die Kreisbahn die Bahn der Kante *m* außen, dann findet überhaupt keine Berührung von *m* und *m'*, somit keine Füllung statt; geht der Kreisbogen innen vorüber, dann

unterbleibt das Abschneiden gänzlich, das Ventil wird durch die Steuerung selbst in seine Ruhelage geführt und dann erst hebt sich die aktive Steuerung von der nun ruhenden passiven ab, um mit derselben erst nach Verlauf einer halben Umdrehung der Maschine wieder in Berührung zu treten. Zufolge der Voreinströmung und des Umstandes, daß die Füllung beendet sein muß, wenn die Ausströmung beginnt, sind die Füllungs-grenzen für Maximalfüllung in Wirklichkeit wesentlich näher gerückt.

Da der Excenterstangenpunkt *c* stets dieselbe Bewegung macht, erfolgt auch hier wie bei den Sperrklinensteuerungen die Voreinströmung immer bei derselben Kurbelstellung; ebenso wird das Gesetz für die ganze Eröffnungsbewegung durch den Grad der Füllung nicht beeinflusst; das Ventilerhebungsdiagramm zeigt für alle Füllungen dieselbe Eröffnungskurve, die Schieberellipse. Auf die Nachteile dieser Reguliermethode soll an späterer Stelle zurückgekommen werden.

Eine andere einfache Anordnung einer Ausklinkventilsteuerung zeigt Fig. 158.

Der Doppelhebel *ab* erhält in geeigneter Weise eine Oszillationsbewegung um eine im Regulatorständer fixierte Spindel und trägt an seinen Enden die beiden, um *a* und *b* beweglichen Winkelhebel.

Bei der abwärtsgehenden Bewegung von *a* setzt sich *c* auf den Hebel *d* auf, drückt denselben herunter und öffnet das Einlaßventil; in dem Maße als sich *a* nach abwärts bewegt, gleitet *c* über *d* hinweg und schnappt schließlich ab; in diesem Momente kehrt das Ventil unter dem Einflusse des Federpuffers *f* in seine Schlußlage zurück. Dieses Auslösen erfolgt früher oder später je nach der Lage eines unter dem unmittelbaren Ein-

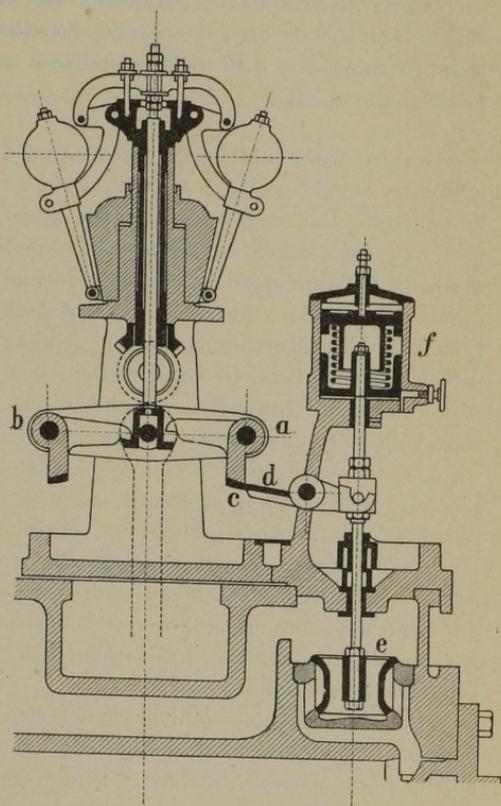


Fig. 158.

flusse des Regulators stehenden Gliedes, auf welchem der innere Arm des Winkelhebels während der Eröffnungsdauer aufruhet. Der Regulator beeinflußt daher in höchst einfacher Weise die Füllung. In gleicher Weise findet die Dampfverteilung der anderen Cylinderseite statt.

Eine spezielle Konstruktion dieser Pröllschen Reguliervorrichtung, welche den Zweck verfolgt, gewöhnliche Schiebermaschinen ohne Umbau derselben in eine automatisch regulierte Expansionsmaschine zu verwandeln, hat zahlreiche Anwendung gefunden. Bei dieser Ausführung arbeiten beide Enden des Hebels *ab* auf ein und dasselbe Expansionsventil, welches die Dampfleitung mit dem Schiebergehäuse verbindet und somit bei jedem Kolbenhube spielt.

Es ist wohl hinlänglich bekannt, daß die Anlagekosten einer Kraftmaschine um so geringer werden, je höher man mit der Geschwindigkeit hinaufgeht. Der englische und vor allem der amerikanische Maschinenbau hat sich daher beizeiten der schnelllaufenden Dampfmaschinen bemächtigt, während die deutsche Maschinenindustrie erst vor etwa zehn Jahren, durch den geradezu überraschenden Aufschwung der elektrischen Beleuchtung und Kraftübertragung hierzu gedrängt, der Erhöhung der Umlaufzahlen der zum Betriebe von Dynamos dienenden Dampfmaschinen größere Aufmerksamkeit zuwendete. Nachdem nun stehende Maschinen an und für sich höhere Umlaufzahlen gestatten als liegende Maschinen, andererseits zufolge des wesentlich geringeren Aufstellungsraumes unter Umständen kleinere Anlagekosten erfordern, werden in Deutschland sowie in Österreich für elektrische Großbetriebe vielfach stehende Maschinen gebaut.

Während die Ventilsteuerung bei großen liegenden Maschinen die Schiebersteuerung größtenteils verdrängt hat, wird bei stehenden Maschinen die Schiebersteuerung in ihren verschiedenartigen Ausführungen mit entlasteten Flachschiebern, Kolbenschiebern oder Corlißschiebern fast ausschließlich verwendet.

Für hohe Umlaufzahlen eignen sich die Ventilsteuerungen im allgemeinen nicht und zwar infolge der bei der Bewegung ihrer Einzelteile auftretenden Massenwirkungen, sowie wegen der speziell bei auslösenden Ventilsteuerungen auftretenden hohen Aufsetzgeschwindigkeiten der steuernden Flächen; auch ist die Bauart der Ventilsteuerungen zumeist vieltelliger wie jene der Schiebersteuerungen. Die Ventile haben daher als steuernde Organe bei stehenden Maschinen bis heute verhältnismäßig sehr beschränkte Anwendung gefunden*).

*) Als Beispiele neuerer stehender Großdampfmaschinen mit Ventilsteuerung seien erwähnt die Betriebsmaschinen der Berliner Elektrizitätswerke von 1500 beziehungsweise 3000 PS mit Collmann- und Sulzersteuerung, sowie die von Borsig in Berlin

Nachdem man bei älteren Ventilmaschinen mit der Umlaufszahl nicht viel über 100 pro Minute hinauskommen konnte, somit in dieser Beziehung weit hinter den stehenden Schiebermaschinen zurückblieb, war selbstverständlich die Aufmerksamkeit der Maschinenbauanstalten darauf gerichtet, durch geeignete Konstruktionen die beim Abheben und Wiederaufsetzen der Ventile bei höheren Tourenzahlen unvermeidlich auftretenden Stöße so weit als möglich zu vermindern.

Den Charakter einer Steuerung bestimmt in erster Linie die Art und Weise der Regulierung. Bei den Ausklinksteuerungen sind die erwähnten Mängel infolge des freiläufigen Schlusses schon bei geringeren Tourenzahlen unvermeidlich; solche Maschinen vertragen selbst bei sorgfältigster Ausführung nicht viel mehr als 90 bis 100 Umdrehungen pro Minute. Die Firma Gebr. Sulzer in Winterthur verwenden, wie schon an früherer Stelle erwähnt, seit neuester Zeit bei allen Großmaschinen viersitzige Steuerventile, da sie den für hohe Umdrehungszahlen wichtigen Vorteil kleiner Ventilhübe gewähren und erfahrungsgemäß weder das Einschleifen noch das Dichtthalten Schwierigkeiten verursacht. Hierdurch konnte auch mit der Tourenzahl höher hinaufgegangen werden.

Mit den sogenannten zwangsläufigen Präzisionssteuerungen, bei welchen sich die aktive Steuerung erst nach erfolgtem Ventilschluß abhebt, erreichte man eine Tourensteigerung bis 120 höchstens 130 pro Minute.

Bekanntere Konstruktionen dieser Art sind die Steuerungen von Collmann, Hartung, Sulzer, Rodovanovic u. a.

Erst in neuester Zeit wurde dem Ingenieur Lentz in Brünn eine Ventilsteuerung gesetzlich geschützt, bei der die Steuerteile in gleicher Weise wie bei Schiebermaschinen mittels einfachen Excenterantriebes, bei stehenden Maschinen von der Schwungradwelle, bei liegenden Maschinen von einer vorgelegten Steuerwelle aus, zwangsläufig betätigt werden. Bei einer stehenden 350 PS_e Verbundmaschine, welche zum Werkstättenbetriebe der Ersten Brünnener Maschinenfabriks-Gesellschaft diente, wurden bei noch vollkommen geräuschlosem Gange der Steuerung, obwohl die Maschine normal mit 200 Touren arbeitete, 320 Minutenumdrehungen erreicht. Anlässlich der Pariser Ausstellung 1900 war daselbst eine 1000 PS_e liegende Lentzsche Verbundventilmaschine ausgestellt, welche normal mit 125 Minutenumdrehungen läuft.

Das Wesen dieser Steuerung besteht darin, daß die Einlaßventile durch ein loses, verschiebbares, von einem Achsregulator hinsichtlich Vor-

für die Pariser Weltausstellung 1900 erbaute Maschine von 2500 PS mit Collmannsteuerung. Diese Maschinen laufen normal mit 105, beziehungsweise 85 und 90 Minuten Umdrehungen. *Zeitschrift des Vereins deutscher Ingenieure*, 1898, 1899 und 1900.

eilwinkel und Excentrizität beeinflusstes Excenter bewegt werden; die Steuerung der Ventile gestattet außerdem zufolge einer sinnreichen Detailkonstruktion einen schnellen und dabei sanften, zwangläufigen Schluß derselben. Lentz hat somit hinsichtlich des Prinzips der von ihm angewendeten Reguliermethode auf die längst bekannte Methode der Excenterverstellung zurückgegriffen*).

Bei den vorhin erwähnten zwangläufigen Ventilsteuerungen findet kein Auslösen, sondern lediglich nur ein Verstellen eines Gliedes der äußeren Steuerung statt. Die Art und Weise der Verstellung ist durch den kinematischen Zusammenhang der Steuerung bedingt; das Verstellen selbst, welches der Regulator besorgt, soll mit der Überwindung möglichst geringer Reibungswiderstände verbunden sein.

Bahnbrechend für die Entwicklung der zwangläufigen Ventilsteuerungen war die im Jahre 1878 durch die Pariser Ausstellung bekannt gewordene Collmannsteuerung. Diese Steuerung sei daher auch als ein charakteristisches Beispiel für die Besprechung der Reguliervorrichtung beziehungsweise der Art und Weise der Füllungsänderung durch den Regulator bei Ventilmaschinen gewählt. Fig. 159 stellt die zwangläufige Collmannsteuerung für eine liegende Maschine in einigen schematischen Linien dar.

Die kurze, nach aufwärts gehende Excenterstange ist im Punkte a an den in c gelagerten zweiarmigen Hebel acb angelenkt und überträgt die Bewegung des Punktes a durch Vermittelung der Stange bde und des Wälzungshebels eh auf den Ventilhebel gf , beziehungsweise das Einlaßventil. Unter dem Einflusse dieses Gestänges allein würde das Ventil, zwangläufig gesteuert, stets dieselbe Füllung geben.

Die Änderung der Füllung wird dadurch erreicht, daß die Stange bde als Knickebel ausgeführt ist, welcher nicht nur von dem Hebel acb , sondern auch von der Auslösestange kd betätigt wird; je mehr die Stange bde im Knickpunkte d hinausgedrückt wird, desto früher weicht der Punkt e des Wälzungshebels, nachdem Punkt b stets dieselbe Bahn beschreibt, zurück, desto früher schließt das Ventil. Das Hinausdrücken des Knickpunktes d besorgt die in d angelenkte, mit ihrem Ende k hülsenartig längs der Excenterstange verschiebbare Auslösestange. Je höher der Punkt k steht, desto größer ist der Ausschlag der Excenterstange, desto mehr wird der Knickebel durchgedrückt, desto früher schließt das Ventil, und umgekehrt. Die Lage des Punktes k bestimmt der Regulator, indem er die Regulierwelle verdreht und durch Vermittelung eines Hebels und eines kurzen Lenkers die Auslösestange hebt oder herabzieht.

*) Ausführliche Beschreibung der Steuerung und des Flachreglers von Lentz siehe *Zeitschrift des Vereins deutscher Ingenieure*, 1900, S. 1449.

Der Schluß der Ventile erfolgt unter dem Einflusse des Dampfdruckes und einer Federbelastung.

Als ein weiteres Beispiel der Art und Weise, wie bei zwangsläufigen Ventilsteuerungen die Füllungsänderung durch den Regulator konstruktiv gelöst wurde, sei die Hartung-Radovanoviesteuerung, welche im Gegen-

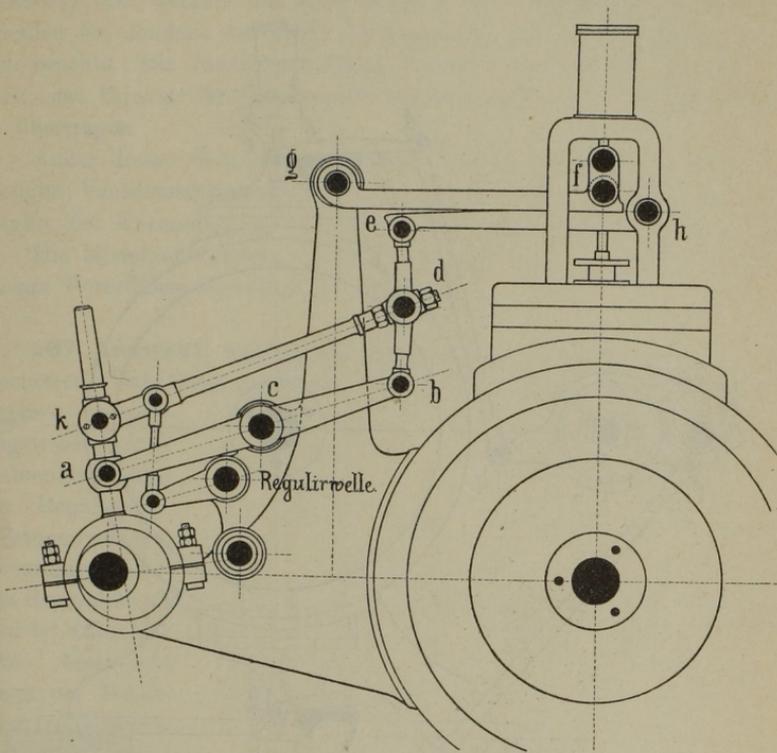


Fig. 159.

sätze zur vielgliedrigen Collmannsteuerung durch ihre außerordentliche Einfachheit auffällt, erwähnt.

Wie aus Fig. 160 und der Linienskizze Fig. 161 ersichtlich, ist diese Steuerung kinematisch identisch mit der an früherer Stelle besprochenen Lenkersteuerung von Hackworth. Die Bewegung des Excenters wird durch eine kurze, in einer stellbaren Gleitbahn geführte Excenterstange *ab*, durch Vermittelung der Zugstange *db* und des als Wälzungshebel ausgebildeten Ventilhebels *ed* auf das Einlaßventil übertragen. Der Endpunkt *b* der Excenterstange beschreibt eine Kurve, von welcher jener Teil, welcher unter dem von *d* als Mittelpunkt mit der Stangenlänge *bd*

als Halbmesser beschriebenen Kreises liegt, die Ventilerhebungskurve bildet; der über diesem Kreisbogen liegende Teil derselben wird vom Punkte *b* während der Ruhelage des Ventiles, also nach Schluß der Füllung beschrieben. Die beiden Schnittpunkte des Kreises mit der Kurve be-

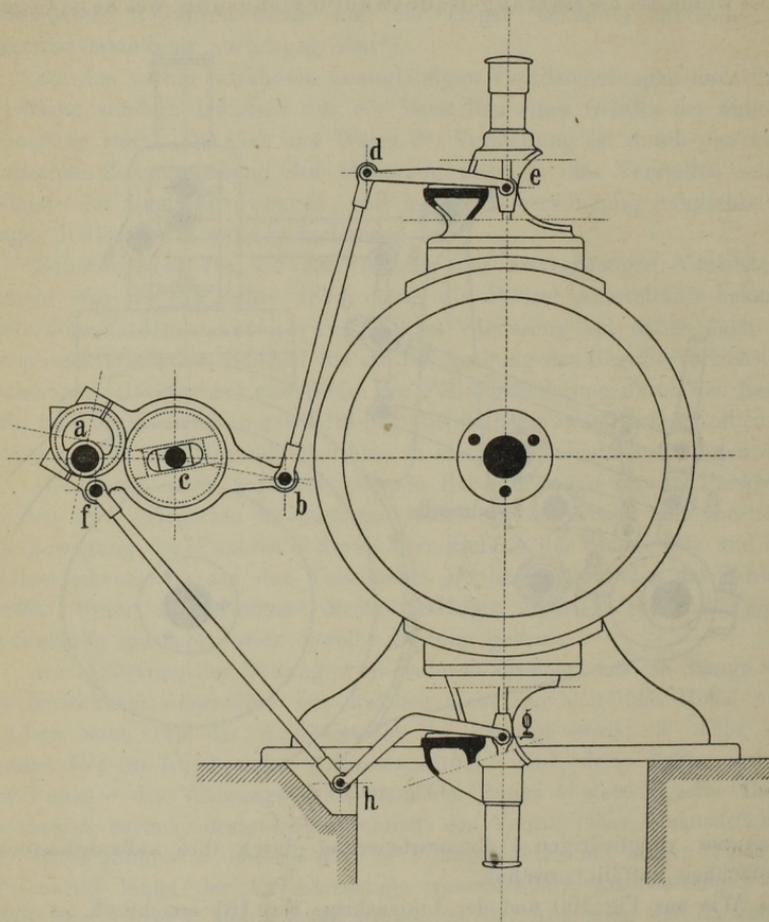


Fig. 160.

stimmen somit den Moment der Eröffnung und des Schlusses des Dampf-einlaßkanales.

Unter dem Einflusse des Regulators wird die Lage der Gleitbahn der Excenterstange in der aus Fig. 160 ersichtlichen Weise verstellt; Punkt *b* bewegt sich in einer anderen, flacher oder steiler verlaufenden

Bahn und infolgedessen fällt ein größerer oder kleinerer Teil derselben unter den von d beschriebenen Kreis. Je flacher die b -Kurve verläuft, d. h. ein je größerer Teil derselben in die Richtung der Horizontalen fällt, desto größer ist die Füllung, und umgekehrt.

Die Radovanovisteuerung ist eine Verbesserung der Original-Hartungssteuerung, bei welcher der Mittelpunkt c der Regulierwelle nicht in der Geraden ba , sondern außerhalb derselben lag, was gewisse Nachteile mit sich brachte. Die Hartungssteuerung bildete den ersten erfolgreichen Versuch, das Prinzip der Schiffsmaschinensteuerungen auf Ventilsteuerungen zu übertragen.

Außer diesen Steuerungen besteht noch eine größere Anzahl zwangsläufiger Ventilsteuerungen, welche gleichfalls den Antrieb von einem Punkte der Excenterstange unter Drehbarkeit der Führungsbahn ableiten.

Die Mittelpunktskurve dieser Steuerungen ist eine gerade Linie; das lineare Voreröffnen derselben ist konstant.

167. Indirekt wirkender Regulator. Bei den bisher betrachteten Centrifugalregulatoren hängt die Stellung des Regulierorganes beziehungsweise eines eminenten Gliedes der Reguliervorrichtung von den Konfigurationen des Regulators ab und ist daher für eine bestimmte Lage der Pendel auch vollkommen bestimmt. Bei den indirekt wirkenden Regula-

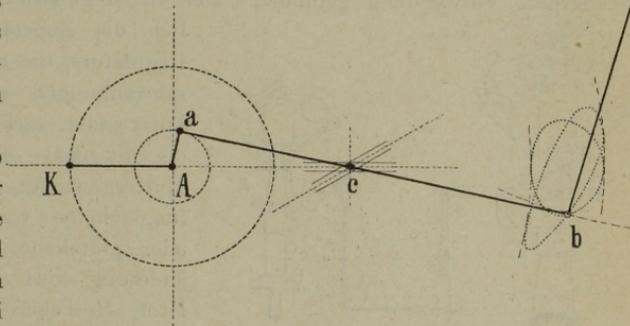


Fig. 161.

toren setzt jedoch eine Abnahme oder Zunahme der Geschwindigkeit unter oder über einen bestimmten Wert derselben, einen Reguliermechanismus in Bewegung, dessen regulierender Einfluß so lange dauert, bis die ursprüngliche Geschwindigkeit wieder erreicht ist. Der Regulator A in Fig. 162 stellt einen indirekt wirkenden Regulator dar. Der Reguliermechanismus besteht aus den beiden mit der Regulatorhülse verbundenen Scheiben c und b und der zwischen beiden situierten Scheibe der Spindel a . Sinkt der Regulator, dann kommt die Scheibe c in Berührung mit der Scheibe der Spindel a ; steigt der Regulator, dann hebt sich c ab und die