

geschlossen ist, in den Cylinder nachströmen. Bei kleinen Füllungen, d. h. frühzeitigem Abschluß durch den Expansionschieber und räumlich verhältnismäßig großer Dampfammer, kann dieser Einfluß auf die Größe der Cylinderfüllung sehr merklich werden.

143. Die Meyer-Steuerung. Die zweite Art der Doppelschieberexpansionssteuerungen besteht dem Wesen nach darin, daß auf dem Rücken des von zwei Einströmkanälen durchsetzten Grundschiebers (Flachschieber vorausgesetzt) der Expansionschieber hin- und hergleitet und hierbei die beiden Durchlaßkanäle abwechselnd öffnet und schließt. Durch Verstellung der beiden Arbeitskanten des Expansionschiebers (Änderung der gegenseitigen Entfernung derselben im Sinne der Bewegung des Schiebers) gegen die in unveränderlicher Entfernung von einander bleibenden korrespondierenden Arbeitskanten des Grundschiebers wird der frühere oder spätere Abschluß der Durchlaßkanäle derselben, somit jede beliebige Füllungsänderung in sehr einfacher Weise erzielt. Diese Gruppe von Steuerungen hat daher auch die ausgedehnteste Anwendung gefunden.

Die Originalanordnung dieser Zweischiebersteuerung für veränderliche Füllung, nach ihrem Erfinder Meyer-Steuerung genannt, ist aus Fig. 116 ersichtlich. Der Expansionschieber besteht aus zwei vollkommen getrennten Platten, welche auf dem Spiegel des Grundschiebers gleiten und mit ihren äußeren Kanten gegen die äußeren Abschlußkanten der Durchlaßkanäle arbeiten; die Entfernung l dieser Kanten bei der gezeichneten mittleren Stellung des Expansionschiebers ist daher auch maßgebend für die Größe der Füllung. Der Expansionschieber wird von einem eigenen Excenter betätigt; die Verstellung der beiden Platten erfolgt, wie aus Fig. 116 ersichtlich, in der Weise, daß die Schieberspindel rechts- und linksgängige Gewinde besitzt, welche in korrespondierende Muttern der beiden Schieberplatten passen, sodaß bei Drehung der Spindel in ein oder

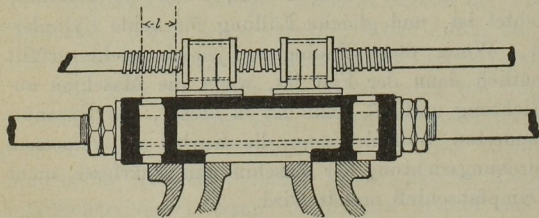


Fig. 116.

dem anderen Sinne die beiden Platten sich nähern oder von einander entfernen, wodurch die Distanz l beliebig verändert werden kann. Die Drehung der Spindel erfolgt bei der Meyer-Steuerung zu-

meist von Hand aus; zu diesem Zwecke ist die Schieberstange, den Schieberkasten dampfdicht durchsetzend, nach rückwärts verlängert und in der Nabe eines

Handrades derart geführt, daß bei der Drehung desselben die Schieberspindel mitgenommen, in ihrer geradlinigen Bewegung jedoch nicht gehindert wird. Das Handrad ist in seiner unveränderlichen Stellung zum Schieberkasten in geeigneter Weise fixiert. Die Drehung der Spindel, beziehungsweise die Änderung der Füllung, kann somit auch während des Ganges der Maschine erfolgen.

In welcher Weise diese Originalanwendung der Meyer-Steuerung modifiziert wurde, um automatische, also vom Regulator der Maschine beeinflusste Änderung der Füllung zu erzielen, soll an späterer Stelle erörtert werden.

Nachdem der Grundschieber der Meyer-Steuerung den Beginn des Dampfeintrittes, Beginn und Ende des Dampfaustrittes in gleicher Weise steuert, wie jeder gewöhnliche Verteilschieber, so kommt hier als neu nur die Bewegung des Expansionsschiebers zum Grundschieber in Betracht; wir haben uns daher nur mit der Relativbewegung eines der beiden Schieber zum anderen zu befassen, um über die Dampfabschlußverhältnisse klaren Einblick gewinnen zu können.

In Fig. 117 seien $CM = r_a$ und $CE = r_b$ die Excentrizitäten des Grundschiebers, beziehungsweise Expansionsschiebers ihrer Größe und Lage nach; die resultierende Excentrizität, von welcher der Expansionsschieber bei ruhend gedachtem Grundschieber gesteuert erscheint, ist seiner Lage und Größe nach durch die Linie CR , parallel und gleich der Verbindungslinie ME , gegeben. (Es läßt sich dies in einfachster Weise durch Aufstellung der Gleichungen für die Schieberwege der beiden Schieber und Bildung der Differenz derselben als Relativbewegung nachweisen. Siehe die früher erwähnten Publikationen über Schiebersteuerungen.)

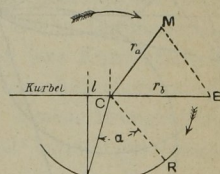


Fig. 117.

Aus dem Diagramm Fig. 117 ergibt sich auch sofort, daß bei der in Fig. 116 angenommenen gegenseitigen Entfernung l der beiden Arbeitskanten Dampfabschluß durch den Expansionsschieber dann erfolgt, wenn sich die Kurbel, somit auch das imaginäre Excenter, soweit gedreht hat, daß der relative Schieberweg gleich der Distanz l wird; dies entspricht der Stellung CQ der resultierenden Excentrizität. Während des Kurbeldrehungswinkels $RCQ = \alpha$ findet somit Füllung statt. Für Reversiermaschinen, welche nach beiden Richtungen mit denselben Füllungsgraden umlaufen sollen, muß das Expansionsexcenter, wie in Fig. 117 angenommen, unter 180° gegen die Kurbel versetzt sein; bei Betriebsmaschinen mit nur einer Umlaufsrichtung empfiehlt es sich mitunter, diesen Winkel von 180° verschieden anzunehmen, um schärferen Dampfabschluß zu erzielen.

Die Wirkungsweise der Meyerschen Steuerung kann am besten unter Benutzung des Zeunerschen Schieberwegdiagrammes oder des Sinoidendiagrammes (§ 134 und 137) untersucht werden.

Es sei zunächst das Zeunersche Diagramm der Untersuchung zugrunde gelegt, und der größeren Allgemeinheit wegen angenommen, daß das Expansionsexcenter nicht gerade unter 180° gegen die Kurbel versetzt sei. Die mit der Excentricität CM des Grundschiebers, beziehungsweise CE des Expansionsschiebers als Durchmesser beschriebenen Zeunerschen Schieberwegkreise II und I Fig. 118 geben bekanntlich in ihren durch C gezogenen Sehnen die absolute

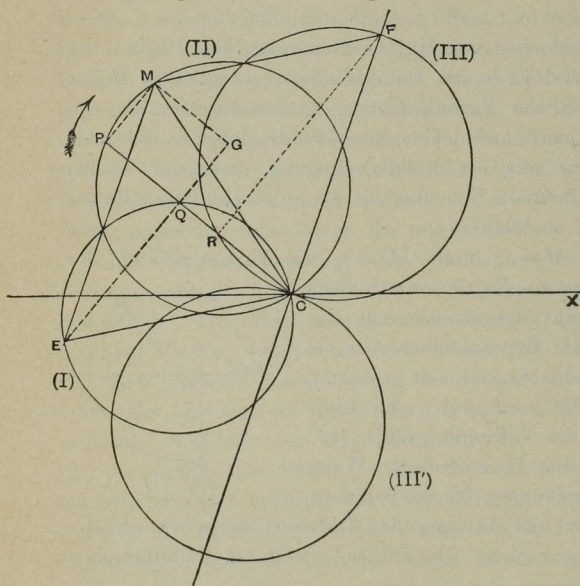


Fig. 118.

zogenen Sehnen die absolute Verschiebung des Grund- beziehungsweise Expansionsschiebers aus deren Mittelstellung bei jenem Kurbeldrehungswinkel, welcher von dieser Sehne und der Totlage der Kurbel (siehe Fig. 91) eingeschlossen wird.

Im Sinne der hier angenommenen, durch den Pfeil ersichtlichen Drehungsrichtung der Kurbel, entspricht der Winkel XCM dem Voreilwinkel des Grundschieberexcenters, XCE (gleichfalls in der

Gegenrichtung des Pfeiles gemessen) dem Voreilwinkel des Expansionsexcenters; dieser Winkel ist hier größer als 180° angenommen.

Zieht man nun durch C irgend eine die beiden Kreise I und II schneidende Gerade, z. B. CQP , dann gibt die Sehne CP die absolute Verschiebung des Grundschiebers, CQ jene des Expansionsschiebers, somit das Sehnenstück $PQ = CP - CQ$ die relative Bewegung eines Schiebers in Bezug auf den anderen. Diese Distanz PQ ist aber auch gleich der in die Richtung von CP fallenden Sehne CR des Kreises III, dessen durch C gehender Diameter CF gleich und parallel der Verbindungslinie EM ist.

Der Beweis hierfür läßt sich, wie bereits früher erwähnt, durch Aufstellung der Gleichungen für die Schieberwege, aber auch leicht graphisch

erbringen. Zieht man die punktierten Linien PM , FR und EQ , ferner MG senkrecht auf die Verlängerung EQ , dann sind die Winkel bei P , Q , R und G rechte Winkel, die Figur $PQGM$ ein Parallelogramm, somit $PQ = MG$. Nachdem ferner die beiden rechtwinkligen Dreiecke FRC und EGM , da CF gleich und parallel zu EM gezogen wurde, kongruent sind, so folgt daraus, daß auch $CR = MG$, somit $CR = PQ$ sein muß.

Für den Rücklauf des Kolbens, beziehungsweise die Rückdrehung der Kurbel, gibt der Kreis III' die resultierende Bewegung der beiden Schieber.

Die beiden Kreise III und III' geben daher in der Länge ihrer durch C gezogenen Sehnen die Relativbewegung beider Schieber für jeden beliebigen Kurbeldrehungswinkel; es lassen sich daraus unter Bezug auf die Erörterungen des § 134 die Dampfverteilungsverhältnisse in sehr einfacher Weise untersuchen.

Dampfabschluß durch den Expansionsschieber (Ende der Füllung) wird bei jener Kurbelstellung eintreten, bei welcher die derselben entsprechende Sehne gleich der Distanz l (Fig. 116) ist, weil diese Distanz dem relativen Wege des Expansionsschiebers bis zum Momente des Abschlusses des Grundschieberkanales entspricht. Schlägt man mit der Länge l als Halbmesser von C einen Kreis, dann gibt der zweite Durchschnittspunkt desselben mit dem Kreise III mit C verbunden jene Kurbelstellung, bei welcher der Expansionsschieber den Kanal des Grundschiebers wieder eröffnet; um Nachfüllungen zu vermeiden, muß in diesem Momente der Kurbeldrehung der Grundschieber den Cylinderkanal bereits geschlossen haben.

Durch Änderung der Distanz l , unter sonst gleichbleibenden Verhältnissen wird, wie bereits früher erwähnt, Änderung der Füllung erzielt; mit abnehmender Distanz l wird auch die Füllung kleiner und umgekehrt. Die unterste Grenze der Füllung (Minimalfüllung), beziehungsweise der derselben entsprechende Wert von l , muß so gewählt werden, daß der Durchlaßkanal des Grundschiebers bereits eröffnet ist, wenn dieser den Cylinderkanal zu öffnen beginnt, damit der Dampfeintritt nicht gehindert wird. Nur für den Fall, daß durch die Steuerung selbst absolute Nullfüllung erreicht werden soll, muß der Grundschieberkanal geschlossen erhalten bleiben; der Wert von l wird für diesen Fall zumeist negativ und ist hier speziell darauf zu achten, daß der Schieberkanal nicht durch die Innenkante des Expansionsschiebers während der Dauer der Eröffnung des Cylinderkanales durch den Grundschieber eröffnet wird, weil sonst falsche Füllungen eintreten würden.

Als oberste Füllungsgrenze (Maximalfüllung) kann stets jene Füllung angesehen werden, welche durch den Grundschieber allein diktiert wird; es muß für diesen Fall der Wert von l soweit vergrößert werden können,

daß der Durchlaßkanal des Grundschiebers nicht früher geschlossen wird, als dieser den Cylinderkanal schließt. Gewöhnlich geht man jedoch mit der Maximalfüllung nicht bis zu dieser Grenze, begnügt sich mit $\frac{1}{2}$, höchstens $\frac{3}{4}$ Füllung und erhält infolgedessen, wie das Studium der einschlägigen Diagramme ergibt, im allgemeinen günstigere Dampfabschlußverhältnisse. Die übrigen Momente der Dampfverteilung, d. i. Beginn der Einströmung, Beginn und Ende der Ausströmung, werden von dem Grundschieber allein diktiert; man ermittelt dieselben in bekannter Weise, indem man mit der äußeren und inneren Deckung als Halbmesser konzentrische Kreise von C aus beschreibt und dieselben mit dem Schieberwegkreis II des Grundschiebers zum Durchnitte bringt. (Siehe § 134.)

Für die komplizierteren Bewegungsverhältnisse der Doppelschiebersteuerungen eignet sich das Sinoidendiagramm besser als das Zeunersche Schieberwegdiagramm, da dasselbe die jeweiligen Kanaleröffnungen und die durch dieselben bedingten Dampfverteilungsverhältnisse übersichtlicher und somit klarer zum Ausdrucke bringt als das Zeunerdiagramm.

In gleicher Weise wie dies bereits bei Besprechung des Sinoidendiagrammes in § 137 erörtert wurde, sind in Fig. 119 die beiden Schieber-

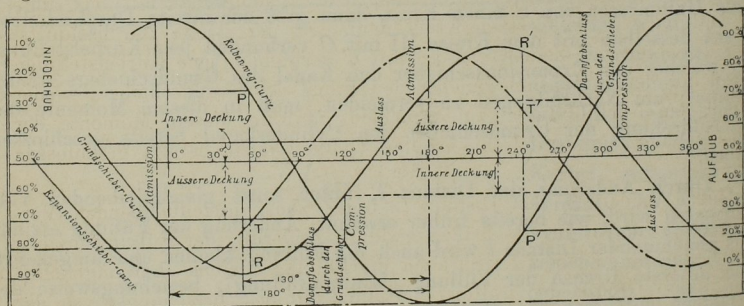


Fig. 119.

wegkurven für den Grundschieber und Expansionschieber, sowie die Kolbenwegkurve über den aufgerollten Kurbelweg als Basis eingezeichnet; die beiden Schieberwegkurven sind selbstverständlich den Voreilwinkeln entsprechend versetzt und in demselben Ordinatenmaßstabe gezeichnet. Zieht man in irgend einem Punkte des aufgerollten Kurbelweges eine Vertikale, so gibt das zwischen den beiden Schieberwegkurven liegende Stück derselben den relativen Schieberweg für den betreffenden Punkt der Kurbeldrehung. Projiziert man den Schnittpunkt dieser Vertikalen mit der Kurbelwegkurve auf die seitliche Kolbenwegskala, so erhält man den korrespondierenden Kolbenweg in Prozenten des Kolbenhubes. Soll daher in einem beliebigen Punkte des Kolbenhubes Dampfabschluß durch

den Expansionsschieber erfolgen, dann hat man einfach die Distanz l der Arbeitskanten der beiden Schieber (siehe Fig. 116) gleich der Distanz zwischen den beiden Schieberwegkurven in dem betreffenden Punkte des Kolbenhubes zu machen. Soll z. B. für $\frac{1}{4}$ Füllung der Wert von l bestimmt werden, dann ziehe man bei 25% der Skala die Horizontale bis zum Durchschnittspunkt P mit der Kolbenwegkurve; die Ordinate PR gibt in ihrem Teilstücke TR das gewünschte Maß von l . Mit abnehmender Füllung wird auch l kleiner; $l = 0$ entspricht in Fig. 119 etwa 10% Füllung; für Nullfüllung würde in dem durch Fig. 119 illustrierten Falle (die Versuchsmaschine, auf welche sich dieses Diagramm bezieht, ist eine kleine stehende Maschine im Ingenieurlaboratorium der Universität Cambridge) der Wert von l negativ werden; er ergibt sich aus der in der Totlage gezogenen Vertikalen. Die Excenter der in Rede stehenden Versuchsmaschine sind unter 130° (Voreilwinkel $\theta = 40^\circ$) und 180° ($\theta' = 90^\circ$) der Kurbel voreilend versetzt; beide Excenter haben dieselbe Excentricität gleich 20 mm; die äußere Überdeckung des Grundschiebers, gleich für beide Seiten, beträgt 10 mm; daraus ergibt sich gleiches lineares Vereröffnen für beide Cylinderseiten (2,5 mm), jedoch ungleiche Füllung und zwar 70 Prozent für den Niederhub und 62 Prozent für den Aufhub der Maschine; nachdem jedoch die Füllung, durch den Expansionsschieber diktiert, früher beendet ist, so hat diese Ungleichheit keinen weiteren Einfluß. Die inneren Überdeckungen des Grundschiebers sind jedoch ungleich groß, um gleiche Kompression zu erhalten; dieselbe beträgt 20 Prozent des Kolbenhubes zu beiden Cylinderseiten; zieht man daher bei 80% der rechts- und linksseitigen Kolbenwegskala die horizontalen Projektionslinien bis zum Schnitt der Kolbenwegkurve, dann ergeben sich aus den in diesen Schnittpunkten gezogenen Ordinaten die inneren Deckungen mit $6\frac{1}{4}$ mm für die Kurbelseite und rund $3\frac{1}{2}$ mm für die obere Seite des Schiebers.

Wenn man für ein und dieselbe Füllung zu beiden Seiten des Kolbens die Distanz TR , beziehungsweise $T'R'$ zwischen den beiden Schieberwegkurven mißt, so findet man, daß gleiche Füllungen nur durch ungleiche TR -beziehungsweise l -Werte erreichbar sind. So beträgt in dem Diagramme Fig. 119 für 25% Füllung $TR = l = 8,5$ mm und $T'R' = l' = 11$ mm; es ist also für diese Füllung die Differenz der l -Werte 2,5 mm. Behält man diese Differenz bei, dann werden selbstverständlich nur jene Füllungen, die von 25% nicht zu sehr abweichen, in dem vorliegenden Falle Füllungen zwischen 10 und 35%, praktisch als zu beiden Seiten konstant angenommen werden können. Will man für weitere Füllungsgrenzen konstante Füllungen erreichen, dann muß der l -Wert entsprechend geändert werden; dies wird in der Praxis der Meyersteuerung gewöhnlich

dadurch erzielt, daß man den Gewinden der Schieberspindel ungleiche Steigung gibt.

Bei der Meyersteuerung (Fig. 116) sind die beiden Gewinde der Schieberspindel vielgängig und von verhältnismäßig kleiner Steigung; zur Einstellung des Expansionschiebers für die innerhalb der Füllungsgrenzen wechselnden Füllungen ist daher bei größeren Änderungen der Leistung der Maschine auch eine größere Anzahl von Umdrehungen der Schieberspindel erforderlich; dies erschwert ungemein eine rationelle automatische Regulierung und werden daher Maschinen mit Meyersteuerung zumeist nur von Hand aus eingestellt. Es war daher das Bestreben nahe liegend, die Doppelschiebersteuerung so zu konstruieren, daß die Änderung der Füllung automatisch, durch den Regulator der Maschine direkt erfolgen kann.

Aus diesem Bestreben ist eine Reihe von Konstruktionen entstanden, welche sich in zwei Gruppen teilen lassen. Die eine Gruppe behielt den zweilappigen Expansionschieber bei und änderte nur die Stellvorrichtung der beiden Lappen in der Weise ab, daß die Einstellung derselben auf den jeweilig erforderlichen Füllungsgrad durch den Regulator bewirkt werden kann. Es wird dies dadurch erreicht, daß man entweder unter Beibehaltung der gemeinschaftlichen Schieberstange für jeden Lappen nur ein einziges langgängiges Schraubengewinde verwendet, so daß eine Verdrehung der Schieberspindel um höchstens 120° für die Regulierung genügt, oder man verwendet, von der Schraubenbewegung abgehend, für jeden Lappen eine eigene Stange und kuppelt dieselben unter einander und mit der Excenterstange derart, daß die beiden Stangen, somit auch die mit denselben fix verbundenen Lappen, durch den Regulator gegenseitig verstellt werden können.

Die zweite Gruppe der Doppelschiebersteuerungen ging von dem zweiteiligen auf den einteiligen Expansionschieber über; in diese Gruppe gehören die heute beliebtesten Zweischieberexpansionssteuerungen. Die Veränderung der Füllung kann hierbei wieder auf zweierlei Art erreicht werden; entweder durch Änderung der jeweiligen Distanz der arbeitenden Kanten des Expansionschiebers bei konstantem Schieberhub oder durch Änderung des Schieberhubes bei konstant bleibender Entfernung der Arbeitskanten des Expansionschiebers. Im letzteren Falle ist der Schieber in seiner Projektion auf den Schieberspiegel des Grundschiebers ein einfaches Rechteck; die Arbeitskanten des Expansions- und Grundschiebers laufen parallel und senkrecht zur Bewegungsrichtung der Schieber. Die Veränderung des Schieberhubes kann auf irgend eine Weise derart erfolgen, daß entweder bei direkter Kuppelung der Schieber- und Excenterstange der Excenterhub, oder bei indirekter Kuppelung, unter Einschalt-

tung eines um einen Fixpunkt oszillierenden Zwischengliedes, bei konstant bleibendem Excenterhub, die wirksame Länge dieses Gliedes verändert wird. In diesem Falle wird das Zwischenglied als Coulissee ausgebildet, mit welcher die Schieberstange fix verbunden ist, während das Gleitstück mit dem Angriffspunkte der Excenterstange in der Coulissee, welche als Hebel von veränderlicher Länge wirkt, verstellt werden kann.

Um den Reibungswiderstand des Expansionsschiebers, welcher bei Änderung der Füllung durch den Regulator überwunden werden muß, auf ein erreichbares Minimum zu reduzieren, werden die Schieber, namentlich bei größeren Maschinen, als entlastete cylindrische oder Kolbenschieber ausgeführt (§ 146).

Soll bei Doppelschiebersteuerungen mit einteiligem Expansionsschieber die Änderung der Füllung durch Änderung der jeweiligen Distanz der arbeitenden Kanten der Expansionsschieberplatte bei konstantem Schieberhub erreicht werden, dann ist die Projektion derselben auf den Spiegel des Grundschiebers ein Trapez; die beiderseitigen Arbeitskanten der Schieber laufen nicht parallel, sondern schließen einen spitzen Winkel (75° bis 95°) ein. Die Verstellung des Expansionsschiebers erfolgt senkrecht zu seiner Bewegungsrichtung, infolge dessen arbeitet eine größere oder geringere Breite desselben mit den Durchlaßkanälen des Grundschiebers zusammen, der l -Wert nimmt ab oder zu, der Kanalabschluß erfolgt früher oder später.

Diese Steuerung, nach ihrem Erfinder *Ridersteuerung* genannt, wird in der Weise ausgeführt, daß man zur Verwandlung der Querbewegung des Expansionsschiebers in eine Drehbewegung den Schieber cylindrisch aufrollt und den Grundschieber als Gegenhohlform cylindrisch ausbohrt. Bei größeren Ausführungen wird zur Entlastung des Expansionsschiebers dieser zum vollständigen Cylinder ausgebildet; der Grundschieber muß selbstverständlich die entsprechende, cylindrisch geschlossene Gegenform besitzen und kann daher zur eigenen Entlastung als vollständiger Kolbenschieber ausgeführt werden.

Die Drehbewegung der geradlinig geführten Schieberstange zum Zwecke der Füllungsänderung beziehungsweise Regulierung erfolgt durch den Regulator der Maschine, eventuell von Hand aus; die äußere Steuerung muß daher konstruktiv so ausgeführt sein, daß sie nebst der geradlinigen Bewegung des Schiebers auch dessen Drehbewegung gestattet. Diesbezügliche Detailkonstruktionen finden sich in allen Handbüchern und Tafelwerken über Schiebersteuerungen.

144. Dimensionierung der Schieber. Der Trickschieber. Die Abmessungen eines Schiebers sind in erster Linie abhängig von der Größe des Kanalquerschnittes an der Mündungsstelle.