

Einlaßorgan und hinter dem Auslaßorgan) sollten erheblich weiter sein wie die Abschlußquerschnitte. Diese Dampfwege gehören nicht zu den schädlichen Räumen und ihre Umgrenzungen nicht zu den schädlichen Flächen, so daß eine weitgehende Einschränkung ihrer Maße nicht berechtigt ist.

### Steuerung für unveränderliche Füllung.

**250.** Es sollen nun gemäß Art. 231 beginnend mit den einfachsten Steuerungen verschiedene Steuerungsaufgaben unter Zugrundelegung der angegebenen Zylindermaße behandelt und zunächst für eine Flachschiebersteuerung für den Niederdruckzylinder einer Verbundmaschine mit einer unveränderlichen Abschlußfüllung von 55 Prozent die Hauptmaße bestimmt werden. Es möge zunächst angenommen werden, daß Einlaß und Auslaß getrennte Schieber und getrennten Antrieb durch besondere Exzenter erhalten, so daß die Maßverhältnisse der Einlaßsteuerung ohne Rücksicht auf den Auslaß (und umgekehrt) bestimmt werden können.

Die mittlere Dampfgeschwindigkeit  $w$  werde entsprechend der Aufstellung im vorigen Artikel  $= 45$  m, d. h.  $w_z = \pi/2 \cdot 45 = 70,7$  m gesetzt und ein Drosselweg von 50 Prozent des Füllungsweges zugelassen.

**251.** Die Kanalbreite  $b$  (senkrecht zur Schieberschubrichtung gemessen) werde gleich  $2/3$  bis  $3/4$  des Zylinderdurchmessers gemacht ( $2/3$  bis  $3/4$ )  $420 = 287$  bis  $315$ . Gewählt werde  $b = 300$ .

Für die große Füllung wäre das im Art. 234 als ungeeignet bezeichnete Verfahren zur Not noch anwendbar. Die Kanalweite  $o_e$  würde sich damit ergeben aus

$$f w = F c; \quad f \cdot 45 = 1363 \cdot 2,6; \quad f = 78,8 \text{ qcm};$$

$$\text{aus } a_e b = f \text{ folgt mit } b = 30 \text{ cm}; \quad a_e 30 = 78,8; \quad a_e = 2,62 \text{ cm}.$$

Die Exzentrizität könnte dann nach Art. 234 bestimmt werden. Es soll jedoch hier schon das allgemeinere Verfahren, welches auch für mittlere und kleinere Füllungen verwendbar ist, an dem einfachen vorliegenden Fall erläutert werden.

**252.** Um die erwünschten Kanalöffnungen bei den verschiedenen Kurbelwinkeln zu erhalten, muß man zuerst  $o_m$  bestimmen.

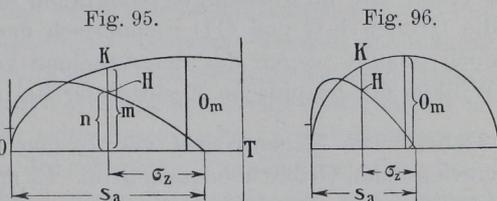
Nach Art. 239 Gleichung 35 ist mit den Endwerten Art. 231 zu setzen

$$o_m = \frac{F c}{b w} = \frac{1363 \cdot 2,6}{30 \cdot 45} = 2,62 \text{ cm},$$

ebenso groß wie  $a_e$ .



der erreichten Kanalöffnungen (Fig. 95) würde der Bedingung noch nicht genügen, daß der Drosselweg die in der Aufgabe festgesetzte Größe hat. Um das zu erreichen, muß die Kurve der erreichten Kanalöffnungen affin im Verhältnis  $m/n$  mit OT als Nulllinie vergrößert werden, derart, daß Punkt H auf Punkt K fällt. Das wird aber in der Ausführung dadurch erreicht, daß man das ganze Schieberdiagramm geometrisch ähnlich im Verhältnis  $m/n$  vergrößert (oder wenn  $m$  kleiner ist wie  $n$ , verkleinert). In Fig. 96 ist entsprechend



Art. 238 Schluß der Maßstab für den Kolbenweg so gewählt, daß die Kurve der erwünschten Kanalöffnungen ein Kreis wird. Die Kurve der erreichten Kanalöffnungen ist durch Abgreifen der Öffnungsgrößen aus dem Schieberdiagramm mit 100 mm Durchmesser entnommen wie in Fig. 95.

**255.** Zur Bestimmung des Vergrößerungsmaßstabes  $m/n$  für das Diagramm ist es aber gar nicht erforderlich, die mit dem vorläufigen Diagramm sich ergebende Kurve der erreichten Kanalöffnungen zu verzeichnen. Ich empfehle folgendes direkte Verfahren:

Man bestimme in Fig. 94 diejenige Kolbenstellung K, in welcher die Drosselung beginnen darf oder soll, indem man von  $s_a$  den zugelassenen Drosselweg  $\sigma$  abzieht, und suche die zu K gehörige Kurbelstellung ME (hier für unendliche Stangenlänge) auf. In dem vorläufigen Diagramm ist dann EG die erreichte Kanalöffnung. Diese soll aber bei der fraglichen Kurbel- und Kolbenstellung gerade gleich der erwünschten Kanalöffnung sein. Diese letztere findet man, indem man einen Kreis mit  $o_m$  schlägt, der den Kurbelstrahl ME in C schneidet. CD ist die erwünschte Kanalöffnung.

Damit die erreichte Kanalöffnung bei dieser Kurbelstellung ebenso groß wird wie die erwünschte, muß das Schieberdiagramm im Verhältnis

$$\frac{CD}{EG}$$

vergrößert werden. Es wird abgegriffen  $CD = 23,5$  und  $EG = 16,8$  mm. Es ist also die Exzentrizität zu machen

$$r = \frac{23,5}{16,8} 50 = 70 \text{ mm}$$

und das ganze Diagramm geometrisch ähnlich in dem angegebenen Verhältnis zu vergrößern. Die Kurve der erwünschten Kanalöffnungen

bleibt natürlich von dieser Maßstabsänderung unberührt. Die Verzeichnung des Kreises mit  $o_m$  kann auch unterbleiben. Man kann, um CD zu finden,  $o_m$  einfach auf dem Kurbelstrahl ME bis C abtragen und von C nach der Linie OT herüber messen. Die Auftragung des Diagramms in natürlicher Größe mit  $r = 70$  mm ergibt  $e = 42,5$  mm.  $\delta$  bleibt wie im vorläufigen Diagramm  $= 47^\circ$ . Es ist auch möglich, die Größen EG und CD rechnerisch und damit präziser zu finden, doch genügt wegen der der Annahme von  $w$  oder  $w_z$  anhaftenden Willkür die graphische Ermittlung bei sorgfältiger Auftragung.

**256.** Die Exzentrizität von 70 mm ist für eine Maschine der vorliegenden Größe unbequem groß. Es möge daher zu zweikantigem Abschluß durch einen Gitter- oder Kanalschieber übergegangen werden.

Wenn in Aussicht genommen wird, den Auslaß durch denselben Schieber zu steuern wie den Einlaß, wird der Trickschieber oder der Pennschieber geeignet sein. Die Wahl möge einstweilen noch offen bleiben und erst nach Ermittlung der erforderlichen Auslaßöffnungen getroffen werden.

Bei zweikantigem Abschluß ist die Exzentrizität auf die Hälfte zu reduzieren, wenn die gleichen Abschlußverhältnisse erzielt werden sollen. Bei der Auftragung der erreichten und der erwünschten Kanalöffnungen verfährt man am besten so, daß man die Kanalbreite  $b$  für die Berechnung von  $o_m$  nur einfach einführt; dann stellen die erwünschten Kanalöffnungen  $o_m \sin \alpha$  die Öffnungen beider Spalten zusammen dar und es sind in der Vergleichsdarstellung der erwünschten und erreichten Kanalöffnungen die erreichten Kanalöffnungen doppelt so groß aufzutragen, wie sie in dem Schieberkreis erscheinen. Die Exzentrizität ergibt sich aus der Gleichung

$$r = \frac{23,5}{2 \cdot 16,8} \cdot 50 = 35 \text{ mm.}$$

**257.** Man kann aber auch der Berechnung von  $o_m$  die doppelte Kanalbreite  $2b$  zugrunde legen und erhält dann die erwünschten Öffnungen einfach. Ihnen sind dann auch die einfach gemessenen erreichten Kanalöffnungen bei der Auftragung gegenüberzustellen. Die Exzentrizität ergibt sich in diesem Falle natürlich ebenso groß

$$r = \frac{11,75}{16,8} = 35 \text{ mm.}$$

Die erstere Darstellung ist deshalb vorzuziehen, weil sie durch die doppelte (bei  $m$ -facher Öffnung durch die  $m$ -fache) Größe der Kanalöffnungen deutlicher wird und beim Übergang von einfacher

zu mehrfacher Öffnung die Kurve der erwünschten Kanalöffnungen im Entwurf beibehalten werden kann (vgl. auch die Anm. zu Art. 278).

In Fig. 98 S. 145 sind für das Schieberdiagramm (Fig. 97) die Kurven der erwünschten und erreichten Kanalöffnungen in der in Art. 256 empfohlenen Weise dargestellt.

**258.** Es könnte nun, wenn entsprechend der Aufgabe Einlaß und Auslaß von getrennten Exzentern aus gesteuert werden, unabhängig vom Einlaß die Auslaßsteuerung entworfen werden. Es würde wegen der freien Bestimmbarkeit von Voreilung und Deckungsverhältnis für die Auslaßsteuerung möglich sein, diejenige Dampfverteilung zu erzielen, welche aus Gründen der Ökonomie zweckmäßig erscheint.

Da sich bei Behandlung einer Steuerung für veränderliche Füllung noch Gelegenheit bieten wird, die einfache Aufgabe der Bestimmung der Hauptgrößen für eine selbständig angetriebene Auslaßsteuerung zu besprechen (Art. 279 ÷ 281), soll hier gleich die zunächst einfacher erscheinende, tatsächlich aber wegen der erforderlichen gegenseitigen Rücksichtnahmen schwierigere Aufgabe des gemeinsamen Antriebes von Einlaß und Auslaß vorgenommen werden.

Wenn der Auslaß von demselben Exzenter mit der gleichen Ableitungsrichtung angetrieben wird wie der Einlaß (was stets der Fall ist, wenn der Schieber für Einlaß und Auslaß gemeinsam ist), ist der für den Einlaß gefundene Voreilwinkel auch für den Auslaß maßgebend; die Deckungslinie WY für den Auslaß muß also der Deckungslinie VH für den Einlaß parallel sein (Fig. 97 S. 145).

Man kann daher nur eine der beiden Größen Vorausströmung und Kompression zweckentsprechend wählen; die andere ist dann die geometrische Folge aller andern Steuerungsgrößen; natürlich ist es statthaft, wenn z. B. die Kompression hierbei gar zu unzureichend ausfällt, an den andern Steuerungsgrößen zugunsten der Kompression kleine Änderungen vorzunehmen, soweit die Erfüllung der diesen Größen obliegenden Bedingungen dadurch nicht zu sehr leidet. Für die Vorausströmung muß der zur Abführung des Ausstoßdampfes erforderliche Vorausströmungswinkel mindestens erreicht werden, eine Vergrößerung zwecks Verkleinerung der Kompression ist bis zu einem gewissen Grade zulässig.

**259.** Für den Auslaß von Niederdruckzylindern werde nach Art. 249 bei ausgiebiger Heizung ein  $w$  von 40 m zugelassen. Die Auslaßkanalweite  $a_a$  ergibt sich hiermit nach Art. 233 aus

$$a_a b w = F c; \quad a_a \cdot 30 \cdot 40 = 1363 \cdot 2,6; \quad a_a = 2,95 \text{ cm} = 29,5 \text{ mm}$$

oder bei Doppelöffnung (Pennschieber)  $a_a = 14,8 \text{ mm}$ .

Die Vorausströmung wird nach der Regel des Verfassers Formel 1 S. 4 mit einem bei der Maximalleistung geschätzten Enddruck  $p_2 = 1,0$  Atm. und einem  $k = 0,048$  gefunden

$$\frac{S}{r} = 0,048 \sqrt{40(1+5)} = 0,744.$$

Man prüfe jetzt durch Eintragung der gefundenen Größen in das nach dem Einlaß bestimmte Schieberdiagramm mit 35 mm Exzentrizität, ob einfacher Auslaß bei doppeltem Einlaß genügt (vgl. auch Führer 46, 26÷33). Man findet, daß bei einfachem Auslaß mit  $a_a = 29,5$  noch ein kleines Überlaufen stattfindet. Der einfache Trickschieber ist also anwendbar, ohne die Exzentrizität wegen des Auslasses über das für den Einlaß gefundene Maß vergrößern zu müssen.

**260.** Wenn die äußere Kanalgrenze etwas über den Schieberkreis hinaus gefallen wäre, hätte man lieber die Exzentrizität noch ein wenig vergrößert (und damit gleichzeitig die Einlaßverhältnisse über das notwendige Maß noch etwas verbessert), ehe man sich zur Anwendung des Pennschen Schiebers entschlossen hätte, der komplizierter ist, einen gegabelten zweifachen Dampfkanal im Schieberpiel erfordert und die doppelte Dichtungslänge (2 b) hat.

Wenn dagegen die äußere Kanalgrenze im Diagramm weit über den Einlaßschieberkreis hinaus gefallen wäre, hätte man unter Beibehaltung des Einlaßschieberkreises den Pennschieber gewählt und die Kanalweite  $a_a = 14,8$  abzutragen gehabt. Hierbei hätte sich dann ein sehr großes Überlaufen ergeben, und es würde zweckmäßig sein, um die nun einmal wegen des Einlasses notwendige große Exzentrizität besser auszunutzen, den Kanal weit größer anzunehmen, d. h. im Interesse guter Abführung des Dampfes mit  $w$  herabzugehen. Mit diesem  $w$  wäre dann auch eine Einschränkung der Vorausströmung zulässig gewesen.

**261.** Bei Anwendung des Trickschiebers muß noch geprüft werden, ob wegen des „Strömungsschattens“ (vgl. Führer 46, 28) für den Einlaß eine Vergrößerung der Kanalweite erforderlich ist. Bei kleineren Füllungen (unter 40 Prozent) tritt die Notwendigkeit hierzu im allgemeinen nicht ein, sofern die Stegstärke sparsam bemessen wird, weil der Kanal schon mit Rücksicht auf den Auslaß so weit wird, daß der Strömungsschatten den Einlaßströmungsquerschnitt nicht unter die zu fordernde Größe einengt.

Beim vorliegenden Beispiel wird sich zeigen, daß trotz der großen Füllung nicht die ganze Stegstärke (wie in der Literatur vielfach fälschlich angegeben ist), sondern nur ein Teil derselben zuzuschlagen ist (Fig. 97).

Ist E der Punkt, in welchem die Drosselung beginnen darf, so verdoppelt man entsprechend der Annahme doppelter Einströmung zunächst die Kanalöffnung EG bis F (um den Öffnungs- und Abschlußvorgang zur Anschauung zu bringen, kann man auch die zwischen V und L und E und H liegenden Kanalöffnungen verdoppeln) und schlage die Stegstärke  $c$ , die etwa = 10 mm angenommen werden möge, wegen des Strömungsschattens zu, indem man von F aus  $c$  abträgt; dann ist  $a_e'$  (Fig. 97) die beim Trickschieber erforderliche Einlaßkanalweite. Rechnungsmäßig ergibt sich  $a_e'$ , indem EG nach Art. 255 und 257 =  $\frac{1}{2} 23,5 = 11,75$  ist:

$$a_e' = 2 \cdot 11,75 + 10 = 33,5.$$

Die Auslaßkanalweite wurde = 29,5 gefunden. Die erforderliche Vergrößerung der Kanalweite mit Rücksicht auf den Strömungsschatten beträgt hier also 4 und nicht 10 mm.

Die Öffnungs- und Abschlußverhältnisse mit dieser Zugabe sind für den Einlaß in Fig. 98 dargestellt. Auf der Auslaßseite ist, weil Einlaß- und Auslaßkanal identisch sind, die Zugabe auch hinzuzufügen; damit ergeben sich dann für den Auslaß die in Fig. 97 der Kürze wegen nur für das halbe Diagramm dargestellten Öffnungsverhältnisse.

Fig. 97.

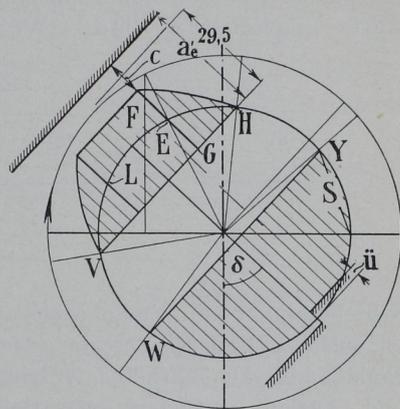
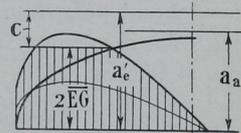


Fig. 98.

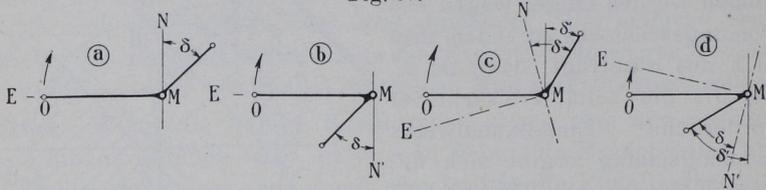


**262.** Die Berücksichtigung der endlichen Stangenlänge kann bei Einschiebersteuerungen nur durch verschiedenartige Überdeckungen für die Kurbel- und Deckelseite erfolgen und bei Erstrebung gleicher Füllung und gleicher Kompression nur unter Beeinträchtigung der Voreinströmung und Vorausströmung (vgl. Leist, Steuerungen, 2. Aufl., S. 197 bis 103; beachte jedoch wegen der Vorausströmung Art. 297 und 298 dieser Anleitung).

**263.** Nachdem im Diagramm alle Größen festliegen, sind sie in die Konstruktionszeichnung einzutragen. Für die Exzenterlage in bezug auf die Kurbel möge jedoch noch eine „Exzenterlageschema“ dem Diagramm beigelegt werden, bei dessen Auftragung man sich über die Umstände Rechenschaft geben soll, welche die

Lage des Exzenters in bezug auf die Kurbel beeinflussen. Diese Umstände vermerke man durch eine Beischrift zum Exzenterlagenschema, lautend: Außen abschneidende Einlaßkante, Antrieb axial (Fig. 99 a); innen abschneidende Einlaßkante, Antrieb axial (Fig. 99 b); außen abschneidende Einlaßkante, Antrieb rückwärts geneigt (Fig. 99 c); innen abschneidende Einlaßkante, Antrieb vorwärts geneigt (Fig. 99 d). Wenn zwischen Exzenterstange und

Fig. 99.



Schieberstange ein Umkehrhebel (zweiarmiger Hebel) eingeschaltet ist, würde z. B. zur Fig. 99 c die Anschrift gehören: Innen abschneidende Einlaßkante, Umkehrhebel, Antrieb rückwärts geneigt. Wenn Einlaß und Auslaß gesondert angetrieben werden, muß für beide ein Exzenterlagenschema aufgetragen werden. Dabei ist zu beachten, daß für Auslaß die Abschlußrichtung die umgekehrte ist; so würde z. B. Fig. 99 d gelten für außen abschneidende Auslaßkante, Antrieb vorwärts geneigt.

**264.** Die Lage des Voreilwinkels im Diagramm ist in allen vorstehend aufgeführten Fällen die gleiche. Bei axialem Antrieb liegt das Exzenter in Wirklichkeit symmetrisch zur Diagrammlage mit  $MN$  (Fig. 94 S. 140) als Symmetrielinie beim Zeunerdiagramm und mit der Sehnenlotdarstellung (Art. 253 und Anhang VII) auch beim Reuleauxdiagramm.

Die Drehrichtung ist in die Exzenterlagenskizzen stets einzutragen.

Um bei geneigtem Antrieb hinsichtlich des Vorzeichens des Neigungswinkels nicht zu irren, beachte man folgende Definition des Voreilwinkels: Der Voreilwinkel ist derjenige Winkel, welchen das Exzenter mit der Senkrechten zur mittleren Exzenterstangenrichtung bildet, während sich die Kurbel in der Totlage befindet. Dieser Winkel stimmt mit dem Voreilwinkel im Schieberdiagramm der Größe nach in allen Fällen überein. Der Voreilwinkel ist von der Senkrechten zur mittleren Exzenterstangenrichtung im Sinne der Drehrichtung positiv aufzutragen.

Was die mittlere Exzenterstangenrichtung ist, kann, wenn die Führungsrichtung des Exzenterstangenendpunktes durch die Wellenmitte geht, nicht zweifelhaft sein. Wenn das jedoch nicht der Fall ist oder wenn der Exzenterstangenendpunkt auf einem Bogen geführt ist, muß die mittlere Exzenterstangenrichtung besonders definiert werden. Für eine zweckmäßige Definition, die eine möglichst vielseitige Übertragung allgemeiner Grundsätze auf besondere Fälle gestattet, sind noch einige erst später auseinandergesetzte Begriffe (Art. 338) erforderlich. Deshalb möge die allgemeine Definition erst später (Art. 392 und 393) gegeben werden.

Weiter unten ist für kompliziertere Fälle gezeigt, wie das Exzenterlagenschema für die Werkstatt mit Maßeinschriften zu verstehen ist (Art. 321 und 322 sowie 381 und 382).

Da der Voreilwinkel rein geometrisch durch möglichst genaues Zeichnen gefunden wird, hat man ihn zwecks Feststellung des Montagewinkels bei geneigter Schubrichtung auch rein geometrisch, d. h. ohne vorher sein Gradmaß oder Bogenmaß festgestellt zu haben und ohne Abrundung von der Linie MN oder MN' abzutragen und dann die Maße des Montagewinkels durch Abgreifen zu bestimmen.

Für die Entwurfsakten wird man auch den Voreilwinkel ausmessen, um seine Größe nachträglich zu vermerken.

**265.** Ob die Auftragung von MN (Fig. 99 c) aus oder von MN' (Fig. 99 d) aus zu erfolgen hat, hängt davon ab, ob innen oder außen abschneidende Kanten vorliegen und ob Umkehrhebel angewandt sind.

Man trage also nach Überlegung dieser Frage den Voreilwinkel, wie er im Diagramm gefunden wurde, von der Senkrechten MN oder MN' zur mittleren Exzenterstangenrichtung ME aus im Sinne der Drehung ab und findet damit, indem man die Kurbel in ihrer Totlage zeichnet, die Exzenterlage in bezug auf die Kurbel. Der Winkel, welchen das Exzenter mit der Senkrechten auf der Kurbel bildet, heißt der Aufkeilungswinkel oder der Montagewinkel und möge mit  $\delta'$  bezeichnet werden (Fig. 99 c u. d).

**266.** Die Exzenterlagenskizze ist zur Exzentergrößenskizze zu ergänzen und durch geeignete Anschriften zu erläutern, wenn die Exzentrizität (= halber Schieberhub = Exzentrizität im Diagramm) nicht übereinstimmt mit dem Exzenterradius, was durch Zwischenhebel mit ungleicher Armlänge oder durch geschränkten Antrieb bedingt sein kann. Weiteres über die Beziehung der wirklichen Lage zur Diagrammlage vgl. Art. 283.