

336. Füllungsausgleich mit geschränkter Schubrichtung

und kurzer Exzenterstange vollkommener und konstruktiv ebenso einfach ist wie die mit zentraler Schubrichtung. Obwohl der Füllungsausgleich mit geschränkter Schubrichtung von großer praktischer Bedeutung ist und mit Recht wegen der größeren Einfachheit gegenüber dem Ausgleich durch zwei Exzenter mit verschiedenem Voreilwinkel, dem er nicht viel nachsteht, neuerdings häufiger angewandt wird, ist er in der Literatur doch nur andeutungsweise behandelt. Es soll daher diese nicht ganz leicht zu übersehende Form des Füllungsausgleichs hier ausführlicher und von allgemeineren Gesichtspunkten ausgehend besprochen werden, und zwar zunächst der

Füllungsausgleich bei fester Füllung.

337. Alle Steuerungsantriebe, mit alleiniger Ausnahme der Antriebe durch rotierende unrunde Scheiben, enthalten eine Steuerungs-

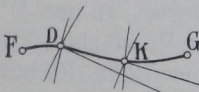
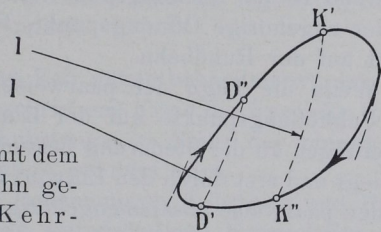


Fig. 125.

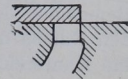
schubstange, welche mit einem Ende auf einer geschlossenen Kurve (Rundbahn), mit dem anderen Ende auf einer Kehrbahn geführt wird. Jedem Punkt der Kehrbahn entsprechen zwei Punkte der Rundbahn. Man findet (Fig. 125) die beiden z. B. dem Punkte D zugehörigen Punkte D' und D'' einfach durch Schlagen eines Kreises um D mit der Länge der Steuerungsschubstange l als Radius.



Jedem Punkt der Kehrbahn wird nur eine ganz bestimmte Stellung des Steuerorgans entsprechen, auch dann, wenn das Steuerorgan durch ein irgendwie gestaltetes schwingendes Getriebe (Kniehebel, Wälzhebel, Schwingdaumen oder eine einfache Übertragungsstange) mit dem auf der Kehrbahn geführten Endpunkte der Steuerungsschubstange verbunden ist.

338. Von besonderem Interesse sind diejenigen Stellungen der Steuerorgane und die zugehörigen Punkte der Schubstangenkehrbahn, in welchen sich die zusammengehörigen steuernden Kanten gerade decken (Fig. 126).

Fig. 126.



Der Punkt der Kehrbahn, welcher dieser Stellung entspricht, möge kurz als Deckungspunkt bezeichnet werden. Bei Ventilsteuerungen ist sinngemäß derjenige Punkt der Schubstangenkehrbahn als Deckungspunkt zu bezeichnen, welcher der Anlagstellung des Zwischengetriebes (Wälzhebel oder Schwingdaumen) vor Beginn des Öffnens oder nach erfolgtem Abschluß zugehört.¹⁾

Die beiden dem Deckungspunkt zugehörigen Punkte der Rundbahn mögen als Öffnungspunkt und Schließungspunkt bezeichnet werden. Welcher von beiden der Öffnungspunkt und welcher der Schließungspunkt ist, wird nach der Durchlaufrichtung der Rundbahn und nach der Abschlußrichtung des Steuerorgans zu entscheiden sein. Bei Dampfmaschinensteuerung ist im allgemeinen der auf dem kürzeren Kurvenstück der Rundbahn zuerst erreichte Punkt der Öffnungspunkt, der zuletzt erreichte der Schließungspunkt.

339. Wenn jetzt angenommen wird, daß der vorher beliebig angenommene Punkt D auf der Kehrbahn ein solcher Deckungspunkt ist, und zwar für den Einlaß auf der Deckelseite, so ist D' der Öffnungspunkt, D'' der Schließungspunkt auf der Rundbahn. Ebenso ist, wenn K der Deckungspunkt für den kurbelseitigen Einlaß ist, K' der zugehörige Öffnungspunkt, K'' der zugehörige Schließungspunkt auf der Rundbahn.

Wenn die Lage der paarweise zusammengehörigen Öffnungs- und Schließungspunkte auf der Rundbahn durch irgendwelche Anforderungen an die Steuerung bestimmt ist, die Kehrbahn noch nicht festliegt und erst durch den Entwurf bestimmt werden soll, so können die den paarweise zusammengehörigen Punkten der Rundbahn zugehörigen Deckungspunkte auf der noch unbekanntem Kehrbahn durch Kreisschlag gefunden werden.

Sind D' und D'' sowie K' und K'' solche nach besonderen Anforderungen an die Steuerung festgelegte Punktpaare, so liefern der Schnittpunkt der Kreise aus D' und D'' mit l den Deckungspunkt D und die Kreise mit der gleichen Stangenlänge aus K' und K'' den Deckungspunkt K.

340. Legt man durch die so gefundenen Deckungspunkte D und K eine Kehrbahn von beliebiger Form und sorgt durch entsprechende Bemessung der Überdeckungen dafür, daß die Steuer-

¹⁾ Wenn man zwischen Schiebersteuerungen und Ventilsteuerungen in der Benennung des bezüglichen Punktes einen Unterschied machen will und durch den Namen die Bedeutung des Punktes noch klarer hervorheben will, mag man ihn Kantendeckungspunkt und Anlagepunkt nennen.

kanten mit den Gegenkanten zur Deckung kommen, wenn der Endpunkt der Steuerungsschubstange die Punkte D und K durchläuft, so wird die so entstandene Steuerung den besonderen Anforderungen genügen, welche für die Lage der Punkte D' und D'' sowie K' und K'' bestimmend waren.

Diese besonderen Anforderungen können verschiedener Art sein. Hier interessiert die Erreichung des Füllungsausgleichs auf beiden Seiten bei Anwendung nur eines Einlaßexzentrers.

341. In der Regel ist die Rundbahn ein Kreis (der Exzenterkreis) und die Kehrbahn eine Gerade oder häufiger ein Kreisbogen. Nur bei den Lenkersteuerungen haben die Rundbahnen eigenartige, von der Kreisform erheblich abweichende Gestalt.

Wenn man bei einer Lenkersteuerung für eine Füllung Füllungsgleichheit auf beiden Zylinderseiten erzielen will, muß man, vom Steuerungsdiagramm ausgehend, zunächst die vier Kurbelstellungen für den Abschluß und das Voröffnen feststellen, dann die zugehörigen vier Lagen D', D'', K', K'' des Ableitungspunktes (welcher die in Frage stehende Rundbahn beschreibt) ermitteln und kann dann die Punkte D und K, durch welche die Kehrbahn zu legen ist, in der in Art. 339 angegebenen Weise finden.

342. Hier soll der einfachere Fall näher behandelt werden, daß der vom Exzentermittelpunkt beschriebene Kreis die fragliche Rundbahn ist und die Steuerungsschubstange im Sinne der obigen Betrachtung durch die Exzenterstange gebildet wird.

Die Gegenüberstellung der Benennungen Kehrbahn und Rundbahn war nur für die allgemeine grundsätzliche Entwicklung erforderlich; für die weitere Besprechung mögen die geläufigeren Bezeichnungen: Führungsbahn der Exzenterstange (statt Kehrbahn), Exzenterkreis (statt Rundbahn) und Exzenterstange (statt Steuerungsschubstange) eingeführt werden.

343. Man bestimmt zuerst (Fig. 127) mit Hilfe des Bogenschlagverfahrens die beiden Kurbelstellungen D'' und K'', in welchen der Abschluß für die auf beiden Zylinderseiten gleich groß anzunehmende, zunächst feste Füllung s_1 erfolgen soll, wählt dann die Voreinstromungswinkel ε , ganz so wie man es für vorteilhaft hält, verschieden oder gleich groß (Art. 301). Sie mögen gleich groß angenommen werden und damit die Punkte D' und K' gefunden werden.

Wenn die Kurbel die Lagen MD' und MD'' durchläuft, muß jedesmal der Exzenterstangenendpunkt den Deckungspunkt D für

die Deckelseite auf der Kehrbahn durchlaufen. Das gleiche gilt bezüglich der Lagen MK' , MK'' und des Deckungspunktes K für die Kurbelseite.

Da das Exzenter fest mit der Kurbel verbunden ist, sind die zwischen den vier fraglichen Stellungen des Exzenter liegenden Winkel ebenso groß wie die zwischen den bezüglichen Kurbel-

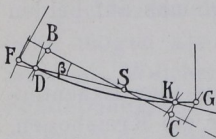


Fig. 127.

stellungen liegenden Winkel. Man kann also, wenn man die Feststellung der absoluten Lage des Steuerungstriebes, die Feststellung des Aufkeilungswinkels und die Bestimmung des Maßstabes späterer Untersuchung vorbehält, beim Entwurf den Kreis

mit den Punkten D' , D'' , K' , K'' als den Exzenterkreis ansehen, in welchem diese Punkte die Bedeutung der entsprechend bezeichneten Punkte in Art. 339 haben.

Man erhält also zwei Punkte D und K der noch unbekanntenen Kehrbahn, wenn man aus D' und D'' sowie aus K' und K'' Kreise mit der zunächst willkürlich anzunehmenden Exzenterstangenlänge schlägt. Zeichnerisch etwas genauer erhält man bei großer Exzenterstangenlänge die Punkte D und K durch Errichten der Mittelsenkrechten auf $D'D''$ und auf $K'K''$ und Schlagen je eines Kreises mit der Exzenterstangenlänge aus D' oder D'' bzw. aus K' oder K'' .

344. Aus dem Vorstehenden geht hervor, daß die Führungsbahn nur der Bedingung genügen muß, durch die beiden Deckungspunkte D und K zu gehen, und daß sie im übrigen jede beliebige Form haben darf, ohne daß dadurch die Erfüllung der Bedingungen des Füllungsausgleichs irgendwie berührt wird.

In der Regel ist die Führungsbahn ein flacher Kreisbogen, selten eine Gerade. Der Radius des Kreisbogens ist frei nach anderen Rücksichten (Hebelübersetzung von der Führungsbahn der kurzen Exzenterstange nach den Steuerorganen) zu wählen.

Den Schwingungsausschlag des Führungspunktes (die Länge der Führungsbahn) erhält man, wenn man aus M Kreise mit $l-r$ und $l+r$ schlägt, welche die Führungsbahn in F und G begrenzen.

Bei dem Übergang zu irgend einer geeignet erscheinenden Schubrichtung wird nur an der Lage der Deckungspunkte D und K in bezug auf den Schieberkreis festzuhalten sein und der Montagewinkel des Exzenters richtig zu bestimmen sein, um die gleiche Dampfverteilung zu erhalten, wie sie beim Entwurf der Fig. 127 gefordert wurde. Die Lage der Punkte D und K in bezug auf den Schieberkreis wird am einfachsten durch die Senkrechte MW vom Kreismittelpunkt auf die Verlängerung ihrer Verbindungslinie und durch die Abstände WK und WD festgelegt. Der Kreis mit MW werde Schränkungskreis genannt.

345. Zur Feststellung des Montage-(Aufkeilungs-)winkels für das Exzenter sowie zur Aufstellung des Exzenterlagenschemas empfehle ich, sich auf diejenige zentrale Schubrichtung zu beziehen, welche bei unendlicher Pleuelstangenlänge und beliebiger Exzenterstangenlänge mit dem gleichen Voreinströmungswinkel die gleiche Füllung ergibt wie der geschränkte Antrieb für die kurze Pleuelstange. Man sucht zu dem Zwecke den zu der Füllung s_1 gehörigen Kurbelkreispunkt B'' (Fig. 127) für unendliche Pleuelstangenlänge auf, fällt auf $D'B''$ von M aus ein Lot, welches die Schränkungsrichtung DK in S schneidet. Der Winkel SMN ist dann der Voreilwinkel δ_n für unendliche Pleuelstangenlänge, welcher der Auftragung des Exzenterlagenschemas zugrunde zu legen ist.

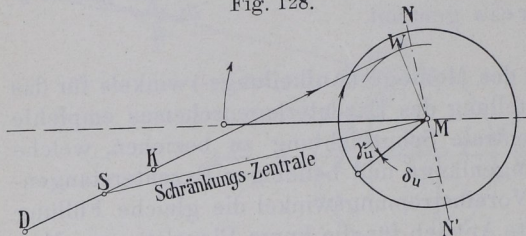
346. Man kann die Richtung MS auch noch auf andere Weise finden oder sich gefunden denken, durch welche deutlicher hervortritt, daß MS die äquivalente zentrale Schubrichtung ist. Man bestimme auch auf der Kurbelseite den zu der Füllung s_1 gehörigen Kurbelkreispunkt C'' für $L = \infty$ und suche für eine beliebige Exzenterstangenlänge die Richtung der Führungsbahn und die Lage der Deckungspunkte in der gleichen Weise auf, wie das in Art. 339 gezeigt wurde. Besonders deutlich wird der Zusammenhang, wenn man die gleiche Exzenterstangenlänge wählt wie beim geschränkten Antrieb: Man schlägt mit l aus B'' und aus D' Kreise, deren Schnitt den deckelseitigen Deckungspunkt B liefert, und aus K' und C'' Kreise, deren Schnitt den kurbelseitigen Deckungspunkt C liefert.

Die Verlängerung der Führungsbahn BC geht durch M und fällt mit MS zusammen, da $D'B''$ bei den gemachten Voraussetzungen Füllungswege und Voreinströmungswinkel auf beiden Seiten gleich parallel zu $K'C''$ ist.

347. Die nach Art. 345 bestimmte äquivalente zentrale Schubrichtung werde kurz die Zentrale der Schränkung genannt. Der Schnittpunkt S der Verbindungslinie der Deckungspunkte D und K mit der Zentralen heiße Schränkungspunkt, der Winkel β , welchen diese Verbindungslinie mit der Zentralen bildet, Schränkungswinkel.

Bei Feststellung des Montagewinkels des Exzenter verfährt man bezüglich der Zentralen ganz so, wie das in Art. 263 und 283 für die wirkliche Schubrichtung erläutert wurde, und verzeichnet

Fig. 128.

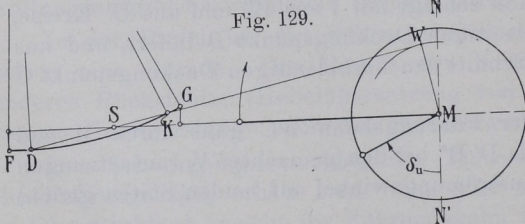


im Lagenschema die geschränkte Schubrichtung in Bezug auf die Zentrale genau so liegend wie im Steuerungsdiagramm Fig. 127. Man verzeichnet also die Kurbel in ihrer Deckeltotlage, zieht die Zentrale in der gewünschten Richtung (Fig. 128), errichtet auf derselben in M ein Lot NMN' und trägt von demselben den (im Steuerungsdiagramm Fig. 127 gefundenen) Voreilwinkel δ_u im Drehsinne ab. Die gefundene Richtung gibt die Lage des Exzenter in Bezug auf die Kurbel.

Es kommt hier für die Abtragung von δ_u von den beiden Lotrichtungen nur die eine, nämlich MN' in Frage, weil wegen der kurzen Exzenterstange zur Erreichung ausreichender Öffnungsweiten auf der ungünstiger dastehenden Deckelseite die Exzenterstange beim Öffnen des deckelseitigen Steuerorgans gedrückt sein muß (entsprechend innen abschneidenden Einlaßkanten bei direktem Schieberantrieb), vgl. Art. 332.

348. Anstatt den Winkel δ_u von der Senkrechten zur Zentralen im Drehsinne aufzutragen, kann man auch den Komplementwinkel γ_u des Voreilwinkels (Fig. 127) von der Zentralen (Fig. 128) entgegen

Fig. 129.



dem Drehsinn aufzutragen, um den Montagewinkel zu finden, was einfacher ist, weil man dann das Lot nicht zu errichten braucht. Man hat stets zu beachten, daß die Voreil-

winkel im Steuerungsdiagramm von Reuleaux und Zeuner in bezug auf die Drehrichtung umgekehrt liegen, wie sie in das Exzenterlagenschema einzutragen sei.

349. Wenn die Zentrale in die Hauptrichtung der Maschine (in die durch Kolbenstange und Kurbelwelle bestimmte Ebene) fällt, so wird der Montagewinkel (von der Senkrechten zur Kurbel ausgerechnet) gleich dem Voreilwinkel. Diese Richtung der Zentralen werde als Grundrichtung der Zentralen bezeichnet (Fig. 129).

Die Übertragung der geschränkten Führungsbahn in das Lagenschema kann mit Hilfe von Pauspapier erfolgen, auf welches man die Partie links oben im Diagramm (Fig. 127) aufzeichnet; man bringt im Lagenschema dann die Punkte S und S sowie M und M zur Deckung. Wenn beim Übergang vom Steuerungsdiagramm zum Lagenschema die Maßstabsveränderung stattfindet, also das Lagenschema in anderer (endgültiger) Größe aufgetragen wird, bedient man sich für die Übertragung besser des Schränkungskreises oder des Schränkungswinkels β , d. h. man überträgt das Dreieck SMW aus Fig. 127 in dem neuen Maßstab in das Lagenschema.

350. In der Regel wird man nicht die Richtung der Zentralen wählen und danach die Lage der geschränkten Führungsbahn bestimmen, sondern umgekehrt die letztere so wählen, wie es zur Fortleitung der Bewegung nach den Steuerorganen zweckmäßig erscheint, und aus dem Steuerungsdiagramm (Fig. 127) die Lage der Zentralen in bezug auf die geschränkte Führungsbahn entnehmen um sie mit Hilfe des Dreieckes SMW in das Lagenschema zu übertragen und danach den Montagewinkel zu finden.

Bei der Wahl einer für die Weiterleitung der Bewegung nach den Steuerorganen zweckmäßigen Lage der geschränkten Führungsbahn benutzt man zweckmäßig den Schränkungskreis. Man entnimmt ihn aus dem Steuerungsdiagramm und überträgt ihn (wenn beim Übergang zum Lagenschema die Maßstabsreduktion vorgenommen wurde, in entsprechend reduziertem Maßstab) in das Lagenschema und zieht an denselben eine Tangente in der gewünschten Führungsrichtung.

Um beim Ziehen der Tangente nicht zu irren, merke man, daß für die nach Art. 347 Schluß allein in Frage kommende Öffnungsrichtung die Schränkungsline SW den Schränkungskreis im Sinne der Drehrichtung der Maschine treffen muß (siehe die Pfeile in Fig. 128).

351. Wenn (wie das meist der Fall ist) die Fortleitung der Bewegung zu den Steuerorganen mittels eines zweiarmigen oder einarmigen Hebels erfolgt, so legt man die Sehne GF der Führungsbahn (vgl. Fig. 136) am besten parallel zu der mittleren Richtung der am anderen Hebelende angreifenden Kuppelstange, weil alsdann der Übertragungshebel gerade ausgeführt werden kann. Doch können besondere Rücksichten (z. B. wenn bei dieser Forderung ein bequem liegender Drehpunkt für den Hebel am Gestell nicht gefunden wird) auch zur Wahl einer anderen Lage der Führungsbahn und einem winkligen Übertragungshebel führen (über Steuerungshebel vgl. Führer 42, 41-56).

Wenn der Ausschlag FG veränderlich ist, wie das bei Steuerungen mit veränderlicher Füllung der Fall ist (Art. 358 bis 376), legt man, um gerade Übertragungshebel zu erhalten, am besten die Sehne DK des kleinsten Ausschlages der mittleren Kuppelstangenrichtung parallel. Die kleine Unsymmetrie des Ausschlages bei größeren Füllungen ist praktisch ganz belanglos. Die Richtung DK (Ausschlag für absolute Nullfüllung) ist gleichzeitig die Schränkungsrichtung SW. Im Interesse einheitlicher Behandlung scheint es zweckmäßig, auch bei festen Füllungen die Linie DK oder SW (an Stelle der Linie FG) der Kuppelstangenrichtung parallel zu legen.

352. Für den Antrieb der Einlaßventile mittels Daumenschiene (Kurvenschubstange) ergibt sich bei liegenden Maschinen wegen der horizontalen Lage der Kuppelstange UV auch eine horizontale Lage der Schränkungsline SW für geraden Übertragungshebel (vgl. Fig. 135 und 136 S. 206 und 207).

Bei dem Schwingdaumenantrieb Fig. 137 S. 208 ist wegen der Übertragung mit einem einarmigen geraden Hebel VQ mit gleichlangen Armen (Lenkstange) die Schränkungsline SW mit der mittleren Kuppelstangenrichtung UV zusammengelegt.

Messrichtung der Öffnungsweiten bei geschränktem Antrieb, Erweiterung des Überdeckungsbegriffs.

353. Wie aus den Entwicklungen Art. 337 bis 344 hervorgeht, ist die Form der Führungsbahn, sofern sie durch die beiden Deckungspunkte geht, ohne Einfluß auf die Öffnungs- und Schließungspunkte. Dagegen hat die Form der Führungsbahn einen Einfluß auf das Gesetz, nach dem die weitere Öffnung sich vollzieht. Um die den einzelnen Exzenterstellungen entsprechenden Öffnungsaus-