

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-

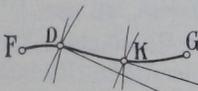
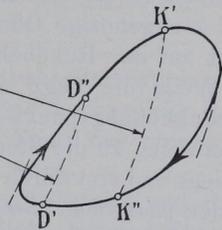


Fig. 125.

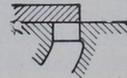
schubstange, welche mit einem Ende auf einer geschlossenen Kurve (Rundbahn), mit dem anderen Ende auf einer Kehrbahn geführt wird. Jedem Punkt der Kehrbahn entsprechen zwei Punkte der Rundbahn. Man findet (Fig. 125) die beiden z. B. dem Punkte D zugehörigen Punkte D' und D'' einfach durch Schlagen eines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

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-

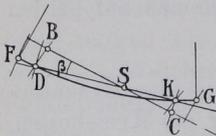


Fig. 127.

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.

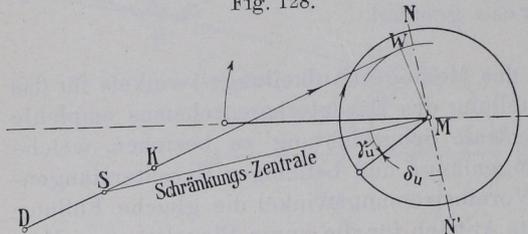
346. Man kann die Richtung MS auch noch auf andere Weise finden oder sich gefunden denken, durch welche deutlicher hervortritt, daß MS die äquivalente zentrale Schubrichtung ist. Man bestimme auch auf der Kurbelseite den zu der Füllung s_1 gehörigen Kurbelkreispunkt C'' für $L = \infty$ und suche für 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 Exzentrers verfährt man bezüglich der Zentralen ganz so, wie das in Art. 263 und 283 für die wirkliche Schubrichtung erläutert wurde, und verzeichnet

Fig. 128.

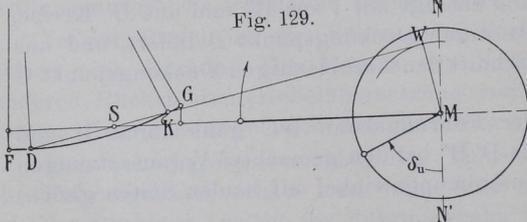


im Lagenschema die geschränkte Schubrichtung in Bezug auf die Zentrale genau so liegend wie im Steuerungsdiagramm Fig. 127. Man verzeichnet also die Kurbel in ihrer Deckeltotlage, zieht die Zentrale in der gewünschten Richtung (Fig. 128), errichtet auf derselben in M ein Lot NMN' und trägt von demselben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

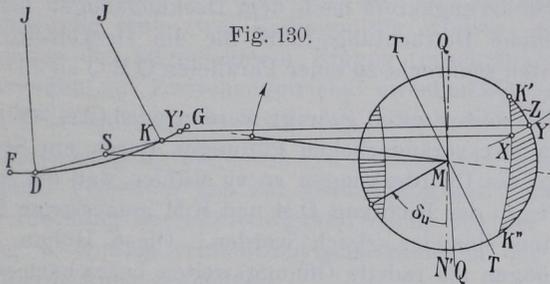
Bei dem Schwingdaumenantrieb Fig. 137 S. 208 ist wegen der Übertragung mit einem einarmigen geraden Hebel VQ mit gleichlangen Armen (Lenkstange) die Schränkungsline SW mit der mittleren Kuppelstangenrichtung UV zusammengelegt.

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-

schläge zu finden, ohne jedesmal den Kreis mit 1 schlagen zu müssen, und um die Öffnungsausschläge in übersichtlicher Lage im Steuerungskreis zu erhalten, kann man die nachfolgende Überlegung anstellen und das daran anschließend angegebene Verfahren anwenden.

Man denke sich (Fig. 130) die Exzenterstange bei K' vom Getriebe losgelöst und um den Deckungspunkt K der Führungsbahn geschwenkt, bis der freigemachte Endpunkt nach einem zunächst beliebig gewählten Punkt X gelangt; alsdann denke man sich die Stange parallel zu sich selbst mit dem geführten Endpunkt auf der



Bahn $FDKG$ von K in der Richtung nach G zu verschoben. Dann wird wegen der Parallelverschiebung der andere Endpunkt genau die gleiche Bahn beschreiben. Bezeichnet man den Schnittpunkt dieser Bahn mit dem Steuerungskreis mit Y , so ist XY gleich dem Bogen KY' , welchen der Führungspunkt der Exzenterstange auf der Führungsbahn $FDKG$ von K aus bei der Öffnung beschreibt, während das Exzenter den Bogen $K'ZY$ zurücklegt; denn es ist für die Aufsuchung zusammengehöriger Punkte eines zwangsläufigen Getriebes ganz gleichgültig, auf welchem Wege man sich die Glieder von einer Lage in die andere gebracht denkt. Bei der Führung des rechtsseitigen Exzenterstangenendpunktes von K' über X nach Y bleibt der linksseitige Endpunkt zunächst in Ruhe. Erst wenn der Weg XY beschrieben wird, legt der linksseitige Exzenterstangenendpunkt den gleich großen Weg KY' zurück, den er auch zurücklegen würde, wenn der rechtsseitige Stangenendpunkt auf irgend einem anderen Wege (z. B. dem wirklich beschriebenen) von K' nach Y gelangt.

354. Die Öffnungsweiten auf der Führungsbahn KG sind also im Steuerungskreis durch Bogenstücke zu messen, welche ähnlich liegend und kongruent sind dem auf der Führungsbahn in K ansetzenden Bogenstück. Die dem Punkte K entsprechenden Punkte

dieser Bogenstücke liegen auf dem „Deckungsbogen“ $K'K''$, der mit l um K geschlagen ist.

Die jedesmalige Verzeichnung ähnlich liegender Bogenstücke von großem Radius ist unbequem, weshalb sie durch ihre Tangenten ersetzt werden mögen, und zwar der Einfachheit halber und um bei wechselnder Exzentrizität die Meßrichtung nicht um belanglose Beträge ändern zu müssen, durch die Tangenten in den Ausgangspunkten am Deckungsbogen $K'K''$. Diese stehen alle senkrecht auf dem Arm JK der Führungsbahn: Man ziehe durch den Steuerungskreis eine Parallele TMT zu JK und messe senkrecht zu dieser Linie vom Steuerungskreis nach dem Deckungsbogen herüber.

Die gleiche Betrachtung führt für die Deckelseite dazu, die Öffnungsweiten senkrecht zu einer Parallelen $QM Q$ zu JD zu messen.

355. Wie weiter unten gezeigt werden wird (Art. 357), ist es für Steuerungen mit veränderlichen Füllungen durch ein Stellexzenter zweckmäßig, die Überdeckungen so zu wählen, daß die Sichelhöhen (das sind die in der Richtung DM und KM gemessenen Höhen) auf beiden Seiten einander gleich werden. Diese Höhen o_d und o_k (Fig. 131) mögen als radiale Öffnungsweiten bezeichnet werden.

Wie die Fig. 130 erkennen läßt, ist die Neigung der Meßrichtung gegen die radiale Öffnungsrichtung auf der Kurbelseite viel größer wie auf der Deckelseite und daher der auf der Führungsbahn beschriebene „Öffnungsausschlag“ KG für die Kurbelseite nicht unerheblich größer wie auf dem Öffnungsausschlag DF auf der Deckelseite (vgl. auch o_s gegenüber o_k Fig. 131).

Wenn der Führungsarm umgekehrt liegt (die Führungsbahn die Hohlseite dem Exzenter zukehrt, Fig. 137 S. 208), wird die Deckelseite bei gleicher radialer Öffnungsweite den größeren Öffnungsausschlag aufweisen.¹⁾

Bei gerader Führungsbahn ist die Meßrichtung parallel zur Führungsbahn, also auf beiden Seiten die gleiche, so daß auch die Öffnungsausschläge auf beiden Seiten annähernd gleich groß werden, wenn die radialen Öffnungsweiten gleich gemacht werden (Fig. 139 S. 209).

¹⁾ Die verschieden großen Öffnungsausschläge können durch die zwischen dem geführten Exzenterstangenpunkt und dem Steuerorgan liegenden Getriebe für das Steuerorgan selbst leicht kompensiert werden, z. B. beim Antrieb von Schwingen durch Kuppelstangen durch unsymmetrische Lage des Schwingungsbogens Fig. 137. Als Kuppelstangen mögen solche Schubstangen bezeichnet werden, welche beiderseits auf Kehrbahnen geführt werden. Ihre Angriffsart beeinflusst die Dampfverteilung nicht, sofern die Deckungspunkte auf der Führungsbahn der Exzenterstange unverändert bleiben.

Man sollte, wenn man auch nur zur Verdeutlichung die Öffnungssicheln durch eine Schraffur ausfüllt, die Schraffur stets in der Meßrichtung der Öffnungsweiten ausführen.

356. Für die weiteren Entwicklungen bedarf der Begriff der Überdeckung für den allgemeinen Fall des stark geschränkten Antriebes und für zwangsläufige Ventil- und Corlißsteuerungen mit Zwischengetrieben einer geeigneten, möglichst allgemein gültigen Festlegung. Die für Schiebersteuerungen mit zentralem Antrieb durch eine lange Exzenterstange gebräuchliche Begriffsbestimmung für die Überdeckung ist hier nicht brauchbar. Die neu einzuführende Begriffsbestimmung muß zwei Bedingungen erfüllen: sie muß für die Behandlung der allgemeineren Fragen (geschränkter Antrieb, Ventilsteuerungen mit Zwischengetriebe) zweckmäßig sein und die ältere Begriffsbestimmung als Sonderfall in sich schließen.

Die Überdeckung im allgemeineren Sinne werde stets im Steuerungsdiagramm gemessen und zur Vermeidung der Verwechslung mit der Überdeckung der Steuerorgane (welche von der Diagrammüberdeckung wesentlich verschieden sein kann) in der Regel als Diagrammüberdeckung bezeichnet.

Um möglichst allgemein zu sein, muß die Begriffsbestimmung der Diagrammüberdeckung so gewählt werden, daß der Einfluß der zwischen Führungspunkt der Exzenterstange und Steuerorgan liegenden, so außerordentlich mannigfaltigen Zwischengetriebe herausfällt. Man wird sich also auf Größen und Punkte beziehen müssen, welche das eigentliche Exzentergetriebe selbst enthält. Das sind die beiden Deckungspunkte auf der Führungsbahn, der Mittelpunkt des Steuerungskreises, die Exzenterstangenlänge und die Exzentrizität.

Die Entfernungen DM und KM der beiden Deckungspunkte von dem Mittelpunkt des Steuerungskreises mögen als Deckungsdistanzen bezeichnet werden, und die Diagrammüberdeckung definiert werden als der absolute Wert der Differenz zwischen Deckungsdistanz und Exzenterstangenlänge; es ist also gemäß Fig. 131

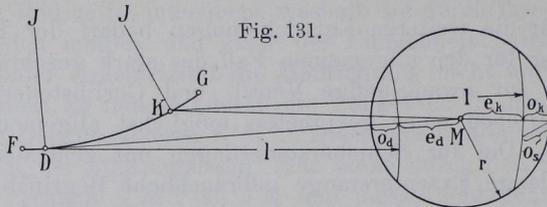
die Diagrammüberdeckung auf der Deckelseite $e_d = DM - l$;

die Diagrammüberdeckung auf der Kurbelseite $e_k = l - KM$.

357. Für die radialen Öffnungsweiten (Art. 355), welche in der gleichen Richtung wie e_d und e_k gemessen werden, folgt:

$$o_d = r - e_d \quad \text{und} \quad o_k = r - e_k.$$

Wenn bei einer Reguliersteuerung mit Stellexzenter die Exzentrizität $= e_d$ wird, wird $o_d = 0$: Es tritt auf der Deckelseite absolute Nullfüllung ein. Wenn die Exzentrizität $= e_k$ wird,



wird $o_k = 0$: Es tritt auf der Kurbelseite absolute Nullfüllung ein (vgl. auch Art. 331 letzter Absatz).

Wenn die absolute Nullfüllung auf beiden gleichzeitig eintreten soll, muß, da nur ein Exzenter vorhanden ist (dessen Exzentrizität bei Erreichung der absoluten Nullfüllung mit r_o bezeichnet werde) sein $e_d = e_k = r_o$. In der Decklage von Exzenterarm und Exzenterstange reicht die Länge $l - r_o$ gerade von M bis K. In der Strecklage reicht die Länge $l + r_o$ gerade von M bis D, d. h. in den äußersten Lagen werden gerade die Deckungspunkte eben erreicht; die Steuerorgane werden auf beiden Seiten eben noch nicht geöffnet.

Bei allen größeren Füllungen ist, wenn absolute Füllung gleichzeitig erreicht werden soll, wegen $e_d = e_k$ und $o_d = r - e_d$; $o_k = r - e_k$;
 $o_d = o_k$.

Füllungsausgleich durch geschränkte Schubrichtung und kurze Exzenterstange für veränderliche Füllung.

358. Das in den Art. 343 bis 352 entwickelte Verfahren, in welchem die Exzenterstange beliebig lang angenommen wurde, zeigt, daß rein geometrisch für das zunächst erstrebte Ziel (des Füllungsausgleichs bei unveränderter Füllung) eine bestimmte Exzenterstangenlänge nicht Bedingung ist. Bei großer Exzenterstangenlänge wird freilich die Neigung der Führungsbahn sehr steil, die Schränkung sehr groß, weshalb es ratsam ist, die Länge der Exzenterstange für den Ausgleich mit geschränkter Schubrichtung verhältnismäßig kurz zu wählen.

359. Weitere Bedingungen für die Länge der Exzenterstange entstehen jedoch für veränderliche Füllung durch ein gemeinsames Stellexzenter aus der Forderung, daß der Ausgleich auch bei anderen Füllungen, so gut es geht, erreicht werden soll. Diese Forderung

muß, um zu einem geeigneten $1/r$ der Exzenterstange zu gelangen, noch weiter präzisiert werden, da ein Ausgleich für alle Füllungen unmöglich ist. Es ist dabei nicht durchaus erforderlich, auf einen Füllungsausgleich bei einer weiteren Füllung hinzuarbeiten; es kommt mehr darauf an, daß die Verteilung der Arbeiten auf beiden Seiten für die anderen Exzenterstellungen durch Zusammenwirken der unvermeidlich verschiedenen Abschlußfüllungen mit verschieden großen Drosselungen möglichst gleich wird.

360. Ich empfehle beim Entwurf: 1. die gleichzeitige Erreichung der absoluten Nullfüllung zu fordern, und 2. für eine Füllung, welche als die kompensierte bezeichnet werden möge, vollkommenen Ausgleich zu verlangen. Unter vollkommenem Ausgleich werden hier die Erfüllung folgender drei Bedingungen verstanden: gleiche Füllung, gleiche Voreinströmungswinkel, gleiche radiale Öffnungsweiten.¹⁾ Die letztere Forderung ist, wie aus Art. 355 ÷ 357 hervorgeht, gleichbedeutend mit der Forderung, daß gleichzeitig auf beiden Seiten die absolute Nullfüllung erreicht wird. Wenn bei einer Exzenterstellung (Exzentergröße) auf beiden Seiten gleiche radiale Öffnungsweiten erreicht werden, werden sie es auch bei jeder anderen Stellung. Die Diagrammüberdeckungen, wie sie in Art. 356 definiert sind, müssen einander gleich gemacht werden.

361. Die Exzenterstangenlänge, welche der Bedingung des Art. 360 genügt, wird am besten rechnermäßig gefunden. Als Grundlage für die Aufstellung der dafür nötigen Gleichung kann die Fig. 132 dienen: Man trage die halben Öffnungswinkel α_d und α_k der kompensierten Füllung (also wenn z. B. die in Fig. 112 S. 167 angenommene Füllung die kompensierte Füllung einer Steuerung mit Stellexzenter ist, die Winkel $1/2 \text{ VMD} = \alpha_d$ und $1/2 \text{ VMK} = \alpha_k$) von der Linie MA (Fig. 132) aus nach beiden Seiten hin ab, ziehe nach Annahme der Exzentrizität r_c für die kompensierte Füllung die Linien DV und KV'. Ihr Abstand werde mit Δe bezeichnet. Die Stangenlänge l ist so zu bestimmen, daß die Summe der Pfeilhöhen $f_d + f_k = \Delta e$ wird.

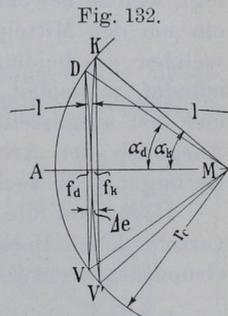


Fig. 132.

¹⁾ Die der kompensierten Füllung zugehörigen Größen mögen den Index c erhalten statt des bisherigen u (r_c, δ_c), für die allen Füllungen gemeinsame Überdeckung werde e_u beibehalten.

Auch die Winkel VMD und VMK Fig. 112 sind für diese Ermittlung rechnerisch zu bestimmen.

Rechnungen, welche für verschiedene Bedingungen durchgeführt wurden, zeigten, daß das Verhältnis r_c/l , welches mit λ_c bezeichnet werden möge, nur wenig abhängig ist von der Größe der kompensierten Füllung und des Voreinströmungswinkels, und daß λ_c für ein Pleuelstangenlängenverhältnis $\lambda = 1/5$ praktisch genau genug $= 1/7$ gesetzt wird.

Auch bei anderen Pleuelstangenlängenverhältnissen ergaben sich für λ_c einigermaßen gleich große Werte bei Einführung verschieden großer kompensierter Füllungen und bei Einführung verschiedener λ ungefähre Proportionalität zu λ , so daß mit leidlicher Annäherung, ohne jene Rechnungen durchführen zu müssen, gesetzt werden darf:¹⁾

$$\frac{1}{\lambda_c} = 1,4 \frac{1}{\lambda} \quad \text{oder} \quad l = 1,4 r_c \frac{L}{R}.$$

362. Für Steuerungen mit veränderlicher Füllung durch Stell-exzenter wähle man zunächst eine mittlere Füllung als kompensierte, bestimme nach Art. 362 die Exzenterstangenlänge, indem man den Radius des in beliebiger Größe zu verzeichnenden Steuerungskreises für die kompensierte Füllung mit r_c bezeichnet, und konstruiere das Steuerungsdiagramm mit der Schränkungslinie nach dem oben angegebenen Verfahren mit gleicher Füllung und gleichem Voreinströmungswinkel auf der Deckel- und Kurbelseite. Wenn man dann durch den Endpunkt von r_c im Reuleauxdiagramm eine Scheitelkurve legt, welche bei einem passenden Winkel in den Deckungskreis (d. i. ein um den Mittelpunkt des Steuerungskreises geschlagener Kreis, welcher die beiden Deckungsbogen $D'D''$ und $K'K''$ berührt), einmündet, so kommt man auf eine Steuerung, welche den in Art. 359 und 360 aufgestellten Forderungen entspricht, und befriedigenden Ausgleich der Arbeiten auf beiden Seiten für ziemlich alle Belastungen (vgl. auch Art. 367).

Bevor auf die Füllungs- und Voreinströmungsverhältnisse bei verschiedenen Belastungen einer nach den vorstehend empfohlenen Grundsätzen entworfenen Steuerung eingegangen wird und kleine,

¹⁾ Wenn statt der Forderung gleicher Voreinströmungswinkel auf beiden Seiten für die kompensierte Füllung gleiches lineares Voröffnen verlangt wird, so kommt man auf eine etwas größere Stangenlänge, nämlich etwa auf $l = (1,6 \text{ bis } 1,7) r_c L/R$. Die Forderung gleichen linearen Voröffnens hat aber keine größere Berechtigung wie die gleicher Voreinwinkel. Eventuell könnte man mit einem mittleren Faktor 1,5 rechnen; doch bleibt die ganze Entwicklung durchsichtiger mit der Forderung gleicher Voreinströmungswinkel.

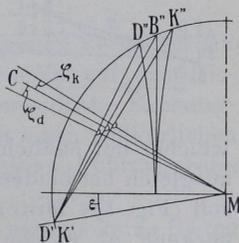
an der Überdeckung nachträglich vorzunehmende Korrekturen besprochen werden, soll noch ein Verfahren angegeben werden, nach welchem die Schränkungsrichtung und die Lage der Zentralen zur geschränkten Führungsbahn genauer bestimmt werden kann wie durch das rein geometrische Verfahren. Dasselbe ist sowohl für unveränderliche Füllungen wie für die kompensierten Füllungen von Stellexzentersteuerungen anwendbar.

Bestimmung der Schränkung durch Rechnungswerte.

363. Das oben angegebene Verfahren zur Auffindung der beiden Deckungspunkte der Führungsbahn durch Kreisbögen aus D' und D'' sowie aus K' und K'' ist, obwohl es theoretisch korrekt ist, doch praktisch wenig brauchbar, weil bei der zweckmäßigen Exzenterstangenlänge der Schnitt der Kreisbogen sehr flach wird. Das tritt in Fig. 127 nicht so stark hervor, weil, um die geometrische Konstruktion zu verdeutlichen und die Figur kurz zu halten, die Exzenterstangenlänge erheblich kürzer gehalten wurde, als dies nach Art. 361 zweckmäßig ist. Zeichnerisch etwas genauer ist bei der empfehlenswerten Stangenlänge die Errichtung der Mittelsenkrechten auf $D'D''$ und $K'K''$ und der Kreisbogenschlag aus D' oder D'' und aus K' oder K'' . Immerhin haftet auch dieser Konstruktion eine ziemliche Ungenauigkeit an, weil die Richtungsfestlegung der Sehnen $D'D''$ und $K'K''$ durch die Verbindung der beiden Punktpaare bei kleinem Schieberkreis unsicher ist, und die Verzeichnung eines großen Schieberkreises die Benutzung langer Stangenzirkel für die Bogenprojektion der Pleuelstange verlangen würde.

364. Deshalb ist es zweckmäßig, die Richtungen der Mittelsenkrechten durch rechnerisch ermittelte Winkel festzulegen. Um hier wieder (Art. 347) für die Bestimmung des Montagewinkels (Aufteilungswinkels) des Exzenters sich auf die zugehörige zentrale Schieberichtung beziehen zu können, ist es zweckmäßig, die Winkel zu berechnen, welche die Mittelsenkrechten auf $D'D''$ und $K'K''$ mit der Zentralen (der Senkrechten auf $D'B''$) bilden. Sie mögen mit ζ_d und ζ_k bezeichnet werden (Fig. 133, in welcher wieder, wie früher, der kurbelseitige Bogenschlag durch gedankliche Umkehrung der ganzen Maschine um 180° aus der gleichen Kolbenstellung heraus ausgeführt ist wie der deckelseitige).

Fig. 133.



Die Berechnung der Winkel ζ_d und ζ_k ist ziemlich umständlich, weshalb in nachstehender Tabelle einige Werte ihrer tg angegeben sind:

$\lambda = 1/5$								
$s_1/s =$	0,05	0,1	0,15	0,2	0,25	0,30	0,35	0,4
tg ζ_d	0,0189	0,0268	0,0329	0,0370	0,0402	0,0428	0,0460	0,0477
tg ζ_k	0,0247	0,0343	0,0405	0,0442	0,0472	0,0489	0,0501	0,0509

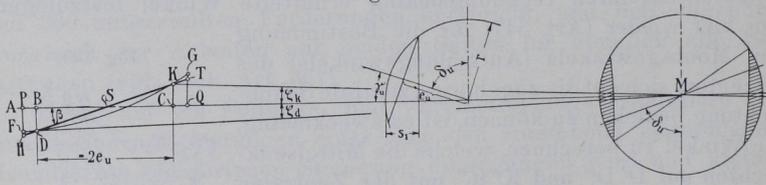
$\lambda = 1/4$					$\lambda = 1/6$			
$s_1/s =$	0,1	0,2	0,3	0,4	0,1	0,2	0,3	0,4
tg ζ_d	0,0329	0,0448	0,0536	0,0591	0,0224	0,0308	0,0370	0,0399
tg ζ_k	0,0448	0,0565	0,0617	0,0641	0,0282	0,0364	0,0399	0,0422

Zwischenwerte können für den vorliegenden Zweck genau genug linear interpoliert werden. Wenn die Steuerung, wie es meist der Fall ist, für veränderliche Füllung als Reguliersteuerung ausgeführt wird, so kommt es nicht genau darauf an, für welche Füllung der Ausgleich eintritt. Im allgemeinen wird man ihn für eine etwas unterhalb der normalen liegende Füllung zu erreichen suchen, und da mag die nächst kleinere, in der Tabelle enthaltene Füllung gewählt werden.

365. Mit Hilfe der Winkel ζ kann man das Steuerungsdiagramm mit der Führungsbahn sogleich für die Grundrichtung der Zentralen (Art. 349) auftragen und dabei folgendermaßen vorgehen:

Man verzeichnet zunächst das Steuerungsdiagramm für unendliche Pleuelstangenlänge in Normalgröße für diejenige Füllung, bei

Fig. 134.



welcher mit endlicher Stangenlänge durch die Schränkung Füllungsausgleich bei beiderseits gleichem Voreintrittswinkel erreicht werden soll (Fig. 134 Mitte), und findet den Voreilwinkel δ_u und die Überdeckung e_u , welche für den Entwurf des endgültigen Diagramms und des endgültigen Exzenterlagerschemas weiter verwertet werden sollen.

366. Alsdann trägt man von einer Horizontalen MA aus den Winkel ζ_d entgegen der Drehrichtung, ζ_k im Sinne der Drehrichtung auf und wählt die Länge der Exzenterstange für unveränderliche Füllung beliebig, jedoch (um gleiche Öffnungsweiten zu erzielen) besser ebenso groß, wie für veränderliche Füllung empfohlen, d. h. $\sim l = 1,4rL/R$. Dann schlägt man aus M mit $MB = 1 + e_u$ und mit $MC = 1 - e_u$ Kreisbogen, welche in die beiden durch ζ_d und ζ_k bestimmten Richtlinien in D und K einschneiden. Die Linie DK gibt die Schränkungsrichtung an (beachte Art. 350 Schluß).

Der Schwingungsaussschlag wird, wie in Art. 344 erläutert wurde, durch Kreise mit $1 + r$ und $1 - r$ aus M gefunden, welche die geradlinige Führungsbahn in H und T die gleichwertige gekrümmte in F und G begrenzen.

Für den Übergang zu einer anderen Schubrichtung kann man wieder das Lot von M auf DK fällen und den Schränkungskreis schlagen (Art. 344) oder auch sich des Schränkungswinkels β bedienen. In der neuen Lage behalten β und MS die in Fig. 134 gefundene Größe bei.

367. Für veränderliche Füllung geht man am besten so vor, daß man zunächst das Steuerungsdiagramm für unendliche Pleuelstangenlänge in beliebiger Normalgröße mit der Scheitelkurve nach Art. 255, 277 oder 287 entwirft und erst zum Schluß die Maßstabsbestimmung des ganzen Steuerungsgetriebes mit Exzenterstangenlänge und Schränkungskreis vornimmt; vgl. Fig. 135a außen.

Hierbei hat man zu beachten, daß der wirksame Ausschlag auf der geschränkten Bahn $1/\cos\beta$ mal so groß ist wie der doppelte Exzenterradius, und daß daher das Steuerungsgetriebe, nachdem der Maßstab des Diagramms für unendliche Pleuelstangenlänge bestimmt ist, noch auf das $\cos\beta$ -fache zu verkleinern ist. Diese letzte Maßstabsveränderung wird man zusammen mit der durch etwa zwischen-geschaltete Hebel usw. bedingten vornehmen.

Zweckmäßig ist es, bei dem hier vorgeschlagenen Verfahren mit der Schränkungscentralen, welche ein Zurückgreifen auf das Diagramm für unendliche Pleuelstangenlänge und unendliche Exzenterstangenlänge bei allen Füllungen gestattet, noch einen willkürlichen Maßstab für das Diagramm mit der geschränkten Führungsbahn einzuschieben (Fig. 135a inneres Diagramm).

Das Diagramm für unendliche Stangenlänge enthält keine Bögen mit großem Radius, so daß auch bei Auftragung in großem Maßstabe kein Stangenzirkel benutzt werden braucht. Man wird also

Füllung 0,25 gehörige Scheitelkurvenpunkt, $MC \equiv r_c$ die Exzentrizität der kompensierten Füllung.

Die Exzenterstangenlänge wird dann nach Art. 361 gefunden $l = 1,4 r_c \cdot L/R = 1,4 \cdot 5 \cdot r_c = 7 r_c$, die Schränkungslinie DK, der Schränkungskreis MW, der Zentralpunkt S auf der Linie DK wie im Art. 366 erläutert in dem kleineren Maßstab bestimmt.

369. Da die Zentrale MS in der Grundrichtung aufgetragen ist (vgl. Art. 348 u. 349), wird für die geschränkte Schubrichtung DK das Lagenschema der Scheitelkurve gegenüber der Kurbel gefunden, indem man die Scheitelkurve spiegelsymmetrisch zu MS (mit Benutzung der Winkel γ für die Grenzlagen) in dem verkleinerten Maßstab überträgt. Man kann für die Übertragung auch den Mittelpunkt U der Scheitelkurve benutzen und den Winkel $90 - \psi \equiv \gamma$ von der über M hinaus verlängerten Zentrale im Sinne der Drehrichtung der Maschine auftragen.

Wenn man jetzt für das in der Fig. 136 dargestellte Steuerungsgetriebe, in welches die Diagramme Fig. 135 noch einmal in ver-

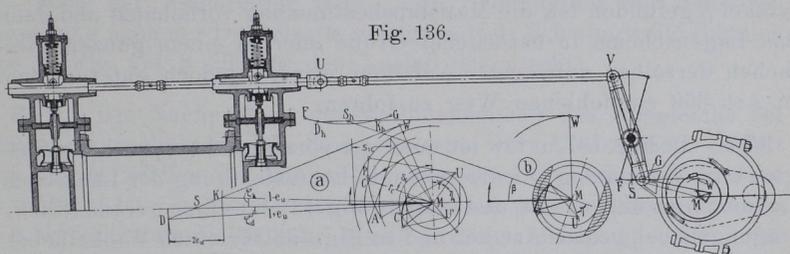


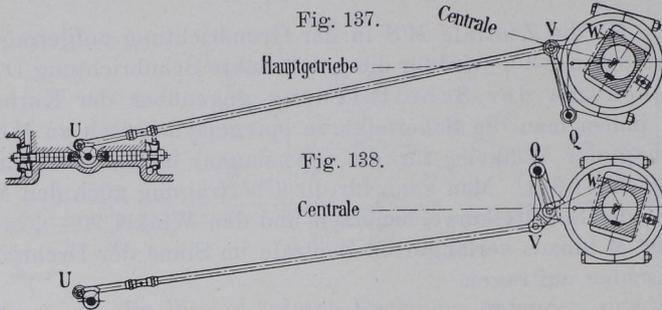
Fig. 136.

kleinerem Maßstabe eingetragen sind, aus dem in Art. 350 bis 352 angegebenen Grunde zu einer horizontalen Schubrichtung (Fig. 135 b) übergeht, so kommt die Zentrale in die Richtung MS_h . Die Scheitelkurve muß in bezug auf MS_h bei in der Deckelotlage belastener Kurbel ebenso liegen wie in Fig. 135 a, innere kleine Darstellung, in bezug auf MS (Benutzung des Winkels γ für die Übertragung des Scheitelkurvenmittelpunktes).

Fig. 135 b zeigt hiernach das endgültige Lagenschema der Scheitelkurve für das in Fig. 136 wesentlich kleiner dargestellte Steuerungsgetriebe. Die Kurbel ist in der Getriebezeichnung in der äußeren Totlage also um 180° gegen das Lagenschema Fig. 135 b gedreht gezeichnet. Daß in Fig. 135 b die kompensierte Exzentrizität gerade in die Richtung der Kurbel fällt, ist ein Zufall.

Die Öffnungssicheln sind in dem Lagenschema für die größte Füllung schraffiert, und zwar in der Meßrichtung (Art. 354), d. h. auf der Deckelseite senkrecht zur Hebelarmstellung D_h , auf der Kurbelseite senkrecht zur Hebelarmstellung K_h .

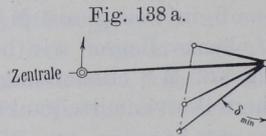
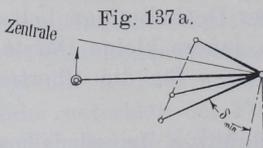
370. Es ist nicht gerade erforderlich, die im Art. 369 erläuterte Auftragung des Lagenschemas der Scheitellinie in dem kleineren



Maßstab, der in Art. 368 nur dazu diente, das Schränkungs-dreieck MSW zu bestimmen, vorzunehmen. Man kann, nachdem der Schränkungs-winkel β gefunden ist, die Maßstabsbestimmung vornehmen und dann das Lagenschema in natürlicher Größe oder in einem ganzen Vielfachen derselben auftragen. Anfänger werden jedoch gut tun, dem in Art. 369 empfohlenen Weg zu folgen.

371. In Fig. 137 u. 138 ist noch der vorstehend besprochene Ausgleich in Anwendung auf die bekannte Lentzsteuerung der Lanzschen Lokomobilen dargestellt, und zwar in Fig. 137 für einen geraden Übertragungshebel gemäß Art. 352 und in Fig. 138 für einen Winkelhebel.

Da in Fig. 137 außerdem der Exzenterstangenangriffspunkt und der Kuppelstangenangriffspunkt am Hebel zusammengelegt sind, geht derselbe in eine einfache Lenkstange über. Die Richtung der



Schränkungslineie SW Fig. 135 a fällt in Fig. 137 mit der Richtung der Kuppelstange zusammen in dem Augenblick, in welchem die Deckungspunkte durchlaufen werden.

Die Anordnung der Fig. 138 ist so gewählt, daß die Zentrale in die Haupttrichtung der Maschine fällt; damit wird die Scheitelkurven-

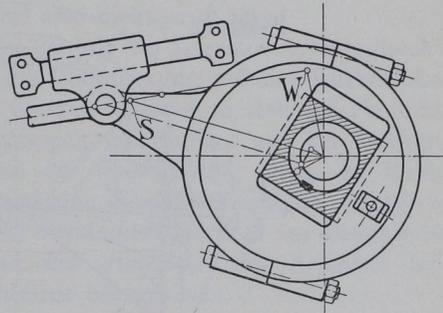
lage in bezug auf die Kurbel die gleiche wie bei einer normalen Schiebersteuerung mit axialer Schubrichtung und innerer Einströmung.

Fig. 137 a zeigt das Lagschema der Scheitellinie für die Anordnung Fig. 137, und Fig. 138 a dasjenige für die Anordnung Fig. 138, beidemale unter Annahme einer Prismenführung für das Stellerxcenter.

Der Exzenterstangenendpunkt kann auch auf einer geraden, geschränkten Gleitbahn geführt werden. Fig. 139 zeigt eine solche Anordnung.

Auch für Ventilsteuerungen mit Steuerwelle ist der Ausgleich mit geschränkter Führungsbahn und kurzer Exzenterstange anwendbar und auch schon vereinzelt ausgeführt. Die Steuerwelle wird dann nur bis zum vorderen Zylinderende geführt, wo auch der Flachregler liegt. Die Übertragung der Schwingbewegung nach der Deckelseite erfolgt mittels Schwingwelle (ähnlich wie in Fig. 171 S. 269 für den Auslaß dargestellt).

Fig. 139.



372. Die Nachprüfung der Vollkommenheit des Ausgleichs bei Füllungen, welche von der kompensierten verschieden sind, erfolgt am besten mittels des Müller-Seemannschen Steuerungsdiagramms (vgl. Art. 334). In Fig. 140 ist das Diagramm für die Füllungsgrenzen von 00 (absolute Nullfüllung) bis 45 Prozent, mit Kompensation für 20 Prozent, bei mäßig scharf gekrümmter Scheitelkurve dargestellt (scharfe Krümmung ist bei weiten Füllungsgrenzen hier nicht zu empfehlen).

Die Kolbenweglinien, welche bei dieser Darstellung mit den Exzenterrichtungen zusammenfallen, sind, um für den Bogenschlag die gleiche Schablone verwenden zu können, gleich lang gemacht und durch Ziehen der Füllungsstrahlen auf den Kreis der Füllung 2 bezogen. Die Füllungswege sind kräftig ausgezogen. Der Vergleich der beiderseitigen Längen zeigt sehr guten Ausgleich bei fast allen Füllungen.

373.¹⁾ Über die Voreinströmungs- und Füllungsverhältnisse bei ganz kleinen Füllungen kann man sich, genauer

¹⁾ Art. 373 ÷ 375 nur für Vorgeschnittene.

aber bei engen Querschnitten, wenn der Druckunterschied beim Eintritt groß ist (mäßig hochreichende Kompression), vor allem von der Öffnungsweite und der Länge des Öffnungsbogens und weniger von der Lage des Öffnungsbogens gegenüber dem Totpunkt ab.

Die radiale Öffnungsweite ist nach den Annahmen des Steuerungsentwurfs auf beiden Seiten gleich, der Öffnungsbogen (die Öffnungszeit) auf der Kurbelseite etwas größer. Der Unterschied in den eingelassenen Dampfmenngen wird also nicht groß sein.

Wenn man Wert darauf legt, gerade bei Leerlauf Arbeitsgleichheit zu erzielen, so kann man die Überdeckung auf der Kurbelseite nachträglich ein wenig größer einstellen, etwa so, daß das Produkt aus Öffnungsweite und Öffnungsbogen gleich dem auf der Deckelseite wird. Die Verschiedenheit der Überdeckung wird, da durch eine Vergrößerung derselben auf der Kurbelseite beide Faktoren (Öffnungsweite und Öffnungszeit) verkleinert werden, nur Bruchteile eines Millimeters betragen und die Gleichheit der Arbeiten bei größeren Füllungen kaum nachteilig beeinflussen.

375. Hält man an der beiderseits gleichen Diagrammüberdeckung fest und läßt die kleinen (durchaus zulässigen) Verschiedenheiten in der Arbeitsleistung bei kleinsten Füllungen zu, so läßt sich über den Voreinströmungswinkel bei verschiedenen Füllungen folgendes aussagen: Bei absoluter Nullfüllung ist er auf der Deckelseite um den Winkel $\zeta_d + \zeta_k$ größer wie auf der Kurbelseite, für die kompensierte Füllung ist er, entsprechend den Bedingungen des Entwurfs, auf beiden Seiten gleich, für Füllungen, welche größer sind wie die kompensierte, wird er auf der Deckelseite kleiner wie auf der Kurbelseite.

Bei dem Füllungsausgleich mit zentraler Schubrichtung (Art. 335) fallen die Punkte C und D in die Richtung AM. Es wird also, wenn die Exzenterstangenlänge so kurz gewählt wird, daß die absolute Nullfüllung auf beiden Seiten gleichzeitig erreicht wird, auch der Voreinströmungswinkel auf beiden Seiten gleich. Bei allen anderen Füllungen, insbesondere den großen, werden sie jedoch sehr ungleich, was als ein Hauptnachteil dieser Art des Ausgleichs bezeichnet wurde (vgl. Fig. 124). Bei der geschränkten Führungsbahn treten demgegenüber die Ungleichheiten in der Voreinströmung bei den kleinsten Füllungen auf, wo sie wegen des gleichzeitigen Auftretens der starken Drosselung unschädlich sind (vgl. auch Art. 328 Anm.).

376. Der Ausgleich mit geschränkter Führungsbahn und kurzer Exzenterstange ist schon längere Zeit bekannt, aber doch nicht so

häufig angewandt, wie er es verdiente. Mit den von mir für Steuerungen mit veränderlicher Füllung vorgeschlagenen Entwurfsgrundsätzen steht der Ausgleich dem mit zwei getrennten Stell-exzentern auf einer Steuerwelle (Art. 314) durchaus nicht nach. Er ist einfacher wie dieser und läßt Fehler in der Einstellung der Steuerung wegen der durch die Konstruktion festgelegten geometrischen Zusammenhänge nicht so leicht vorkommen.

Sowohl in der Praxis wie in der Literatur bestehen Unklarheiten über die zweckmäßige Länge der Exzenterstange; vor allem scheinen die besonderen Bedingungen, welche die Steuerungen mit veränderlicher Füllung an diese Art des Ausgleichs stellen (Art. 358 bis 360), und die Mittel, diesen Bedingungen gerecht zu werden, nicht klar erkannt zu sein. Einige mir bekannt gewordene Ausführungen aus neuerer Zeit zeigen wenig günstige Maßverhältnisse. Leist behandelt den Ausgleich nur andeutungsweise, und zwar auch nur für feste Füllung (Steuerungen, 2. Aufl. S. 100 u. 101); er empfiehlt ein Exzenterstangenlängeverhältnis $r/l = R/L$.

Bedeutung des Füllungs- und Kompressionsausgleichs.

377. Die Bedeutung des Füllungsausgleichs wird im allgemeinen etwas überschätzt. Von großer Bedeutung ist die Gleichheit der Arbeiten auf beiden Zylinderseiten nur bei Maschinen, welche zeitweise sehr langsam laufen müssen und dabei nicht stehen bleiben dürfen (Akkumulatorpreßpumpen Bessemergebläse); dann bei Maschinen ohne Schwungrad, für welche möglichst gleichmäßige Drehkräfte und für die Deckel- und Kurbelseite gleich günstige Anfahrstellungen gefordert werden müssen (Schiffsmaschinen).

Wenn solche Maschinen stehend angeordnet sind und die Gewichte der auf- und niedergehenden Triebwerksteile nicht gegenseitig durch die Kurbelstellung (2 mal 180° und 3 mal 120°) ausgeglichen sind, wird besonders bei Maschinen der ersten Art Arbeitsausgleich für Auf- und Niedergang durch etwas verschieden große Füllungen (größere Füllung auf der Kurbelseite) zu erreichen sein. Die Verfahren, um eine gewollte Verschiedenheit in der Füllung zu erreichen, sind grundsätzlich die gleichen wie die zur Erreichung der Füllungs-gleichheit angegebenen. Die rechnermäßig gefundenen Werte von λ_c (Art. 361) und ζ_d und ζ_k (Art. 364) gelten jedoch für gleich große Füllungen.

Auch die Verschiedenheit der Kolbenflächen auf der Deckel- und Kurbelseite bei nicht oder nicht in gleicher Stärke durchgeführter