III. Abschnitt.

Vereinigung zweier Schubkurbelbewegungen.

§ 14. Vereinigung bei parallelen Schubrichtungen.

Bei den Umsteuerungen wird der Schieber nicht unmittelbar durch eine Schubkurbel bewegt, sondern durch ein zusammengesetzteres Getriebe, das sich bei den gebräuchlichsten Arten mit genügender Annäherung auf die Vereinigung zweier Schubkurbelbewegungen zurückführen lässt.

Zunächst muss der Fall behandelt werden, dass die Schubrichtungen der beiden Schubkurbeln unter sich und mit der Schubrichtung des Schiebers parallel liegen. Fig. 20 a, Taf. III, zeigt das Gerippe einer solchen Anordnung. $g_1 g_1$ und $g_2 g_2$ sind die beiden parallelen Geraden, in denen die Endpunkte der beiden Exzenterstangen geführt werden. Ob die beiden Schubkurbeln einfache oder geschränkte sind, bleibt nebensächlich, da es hier nur auf die Diagrammexzenter ankommt, und diese seien für $g_1 g_1$: K_1, für $g_2 g_2$: K_2 in Fig. 20 b. Für den linken toten Punkt der Kurbel mögen die Endpunkte der beiden Exzenterstangen in T_1 und T_2 stehen. Sie werden durch ein geradliniges Zwischenglied, die Koppel, miteinander verbunden. Ein bestimmter Punkt T dieser Koppel ist gezwungen, auf der dritten parallelen Geraden gg zu bleiben; er wird am einfachsten als ein Punkt der Schieberstange aufgefasst, so dass seine Bewegung mit der des Schiebers vollkommen übereinstimmt. Bei der Drehung der Welle ändern sich die Neigung der Koppel und die gegenseitigen Abstände der Punkte T_1, T und T_2 ununterbrochen. Es ist daher nötig, die Koppel für zwei dieser Punkte, z. B. für T_1 und T_2 mit Längenschlitzen versehen zu denken.

Steht die Kurbel in ihrem rechten toten Punkte, so befindet sich die Koppel in der gestrichelten Lage $T_1' T_2'$, der den Schieber führende Punkt T in T'. Ist nun der Schieber wieder auf gleiches Voröffnen eingestellt, so entspricht die Mitte M der Strecke TT' auch der Mittellage des Schiebers. Sind dann noch M_1 und M_2 die Mitten der Strecken $T_1 T_1'$ und $T_2 T_2'$, also auch die Mittellagen der Endpunkte der Exzenterstangen, so folgt aus der Ähnlichkeit der betreffenden Figuren, dass die drei Punkte M_1, M und M_2 auf einer

Geraden liegen müssen, die durch den Schnittpunkt S der beiden Richtungen $T_1 T_2$ und $T_1' T_2'$ hindurchgeht. Auf ihr befinden sich die Mittelpunkte aller zu den g parallelen Strecken zwischen $T_1 T_2$ und $T_1' T_2'$. Die Gerade $M_1 M M_2$ geht daher auch aufzufassen als der geometrische Ort der Mittellagen aller Punkte der Koppel. Die Koppel selbst fällt aber niemals mit dieser Geraden zusammen, weil die Diagrammexzenter K_1 und K_2 nicht gleichzeitig in ihre Mittellagen gelangen. Da dieser geometrische Ort bei späteren Untersuchungen nötig ist, soll er kurz als die scheinbare Mittellage der Koppel bezeichnet werden. In vielen Fällen sind die beiden Totpunktlagen der Koppel gegenseitig parallel; dann wird es die scheinbare Mittellage auch, und etwa mit der Koppel verbundene Linien liegen in allen drei Stellungen kongruent gegenüber den g.

Man muss nun die Auslenkung MT im Schieberdiagramme darzustellen suchen. Sind die beiden Figuren 20a und 20b im gleichen Maßstabe gezeichnet, so ist $M_1 T_1 = K_1'' K_1$ und $M_2 T_2 = K_2'' K_2$. Bestimmt man K auf $K_1 K_2$ so, dass $K'' K = MT$ wird, so hat man in beiden Figuren je mehrere ähnliche Dreiecke mit S und S' als gemeinschaftlicher Spitze. Daraus folgt, dass die Abstände von $S\, T_1\, T$ und T_2 proportional sind mit den Abständen der Punkte $S' K_1 K$ und K_2. K muss also den Abstand $K_1 K_2$ im gleichen Verhältnisse teilen, wie T den Abstand $T_1 T_2$, oder wie gg den Abstand zwischen $g_1 g_1$ und $g_2 g_2$, oder auch wie der den Schieber führende Punkt der Koppel ihre augenblickliche Länge.

Hat sich die Welle um einen beliebigen Winkel gedreht, so ist K_1 etwa nach A_1, K_2 nach A_2 gelangt. Die Koppel befindet sich dabei in der Lage $B_1 B_2$, wenn $M_1 B_1 = A_1'' A_1$, $M_2 B_2 = A_2'' A_2$ gemacht wird. Der den Schieber führende Punkt B ist dabei um MB ausgelenkt. Bestimmt man nun auf $A_1 A_2$ den Punkt A so, dass $A'' A = MB$ wird, so erhält man wieder ähnliche Dreiecke, nur liegen ihre Spitzen anders, und an Stelle der K und T treten die A und B. Dann folgt aber, wie vorhin, dass A die Strecke $A_1 A_2$ im gleichen Verhältnisse teilen muss, wie B die Strecke $B_1 B_2$, das ist aber auch, wie T die Strecke $T_1 T_2$, oder K die Strecke $K_1 K_2$. Nun ist für alle Stellungen $A_1 A_2 = K_1 K_2$, daher muss auch $AA_1 = KK_1$ sein. Und daraus folgt, dass auch $OA = OK$ wird. Alle Punkte A liegen daher auf dem durch K gehenden Kreise um O, und OK wird das Diagrammexzenter für die Bewegung des Punktes T auf gg, oder auch für die Bewegung des Schiebers. Da K dem linken toten Punkte der Kurbel entspricht, so wird KO die Richtung der Kolbenweglinie in diesem Diagramme. Daher genügt die Bestimmung des Punktes K.

Es lässt sich also das zusammengesetzte Getriebe angenähert auf eine einfache Schubkurbel zurückführen.

§ 15. Vereinigung bei nicht parallelen Schubrichtungen.

Wenn von einer Schubkurbel unmittelbar eine Bewegung eingeleitet wird die mit derjenigen des Schiebers nicht parallel ist, so muss sie erst in eine mit dieser parallele Bewegung verwandelt werden, ehe sie mit einer anderen auch zu ihr parallelen oder parallel gemachten vereinigt werden kann. Eine solche Verwandlung geht auf zwei wesentlich verschiedene Arten zu erreichen.

Die eine Art besteht in der Einschaltung von Winkelhebeln, die aber zu keinen besonderen Untersuchungen Veranlassung geben. Sie kommen auch bei Umsteuerungen zu diesem Zwecke kaum vor.

Häufiger ist die andere Art, die aber hier zunächst nur in einer allgemeineren, wenn auch selten angewendeten Gestalt untersucht werden soll. In Fig. 21, Taf. III, werde durch die geschränkte Schubkurbel OET_0 der Punkt T_0 in der Geraden $g_0 g_0$ geführt, die mit der horizontal vorausgesetzten Schubrichtung $g_1 g_1$ des Schiebers den Winkel β einschliesst. E entspreche dem linken toten Punkte der Kurbel, und M_0 sei die Mittellage von T_0. Durch eine Schubstange l_0 wird die Bewegung von T_0 auf den Punkt T_1 übertragen, der sich in der zur Schubrichtung des Schiebers parallelen Geraden $g_1 g_1$ bewegt. Diese Bewegung muss bestimmt werden.

Zieht man $mm \perp OM_0$, so werden bei genügender Länge von ET_0 die Auslenkungen von T_0 auf $g_0 g_0$ gleich den parallel zu $g_0 g_0$ gemessenen Abständen der Punkte des Kreises OE von mm. Macht man dann $\angle EOF = \angle mOD = \angle \alpha$, wo α der Schränkungswinkel ist, und ausserdem $EF \perp OE$, so sind nach § 13 die Auslenkungen auch gleich den ebenfalls parallel zu $g_0 g_0$ gemessenen Abständen der Punkte des Kreises OF von OD. Von diesen Auslenkungen braucht man nun die horizontalen Projektionen, und diese werden gleich $M_0 T_0' = M_0 T_0 \cos \beta$. Anstatt aber erst die Auslenkungen im Kreise OF zu bestimmen und diese dann einzeln im Verhältnisse von 1 zu $\cos \beta$ zu verkleinern, kann man auch einfacher gleich die gesuchten Horizontalprojektionen aus einem entsprechend verkleinerten Kreise entnehmen. Um diesen Kreis zu finden macht man $\angle FOK = \angle \beta$ und $FK \perp OK$, dann ist $OK = OF \cos \beta$ sein Halbmesser. Überträgt man ihn mit OG auf OF, so sind die gesuchten Horizontalprojektionen gleich den parallel zu $g_0 g_0$ gemessenen Abständen der Punkte des Kreises OG von mm. (In der Figur ist Punkt G etwas

OD?

zu weit inwendig gezeichnet, er sollte a u f dem kräftig ausgezogenen Kreise liegen.)

Für die weiteren Anwendungen müssen die Strecken M_0T_0' noch als horizontale Abstände eines Kreises von seinem vertikalen Durchmesser dargestellt werden. Dazu genügt es, den Halbmesser OG mit der geneigten Mittellinie OD um O im Sinne des Uhrzeigers zu drehen, bis OD in die Vertikale OY fällt. Da aber $\angle DOY = \angle (g_0, g_1) = \beta = \angle GOK$ ist, so gelangt G bei dieser Drehung wieder nach K. OK ist daher das Diagrammexzenter für die Horizontalprojektion der Auslenkung von T_0 in einem Müller'schen Diagramme.

Die Bewegung wird nun von T_0 durch die Schubstange l_0 auf T_1 in $g_1 g_1$ übertragen. Dabei ändert sich die Neigung von l_0 ununterbrochen. Damit diese Veränderlichkeit im Mittel möglichst klein bleibt und so möglichst wenig nachteilig wird, muss man sie möglichst gleichmässig auf beide Seiten von $g_1 g_1$ verteilen, d. h. man muss $g_1 g_1$ angenähert durch M_0 gehen lassen. Ausserdem muss man aber noch annehmen, und darf das bei den Anwendungen auch, dass die Neigung der Schubstange überhaupt klein genug bleibt, um den Abstand $T_0'T_1$ genügend genau als unveränderlich ansehen zu dürfen. Dann wird die Auslenkung von T_1 gleich der Horizontalprojektion M_0T_0' von M_0T_0, und das vorhin bestimmte Exzenter OK ist auch das Diagrammexzenter für die Auslenkung von T_1 in der Geraden $g_1 g_1$.

Dieser Punkt T_1 würde nun ein Punkt einer Koppel sein, wie vorhin in Fig. 20a, Taf. III. Die Bewegung ihres zweiten Punktes könnte durch ein ähnliches Getriebe, oder auch durch irgend ein anderes Mittel eingeleitet werden. Immerhin muss sie sich aber mit genügender Annäherung ebenfalls durch ein Diagrammexzenter darstellen lassen, wenn die beiden Bewegungen auf die vorhin entwickelte Art sollen vereinigt werden können. Und das geschieht auch bei den Anwendungen immer.