

um so unrichtiger. Da die Erhebung des Steines gegenüber der Senkung der Koppel mit wachsender Auslenkung immer kleiner werden sollte, so müssten die beiden Aufwerfhebel den stumpfen Winkel auf der Seite einschliessen, auf welcher die Exzenterstange des bevorzugten Drehungssinnes an der Koppel angreift. Die günstigsten Verhältnisse müssen ausprobiert werden. Neuere Ausführungen dieses Trick'schen Hebels sind mir nicht bekannt.

Eine andere Abart der Steuerung von Allan, die von Hunaeus\*, scheint auch nur Vorschlag geblieben zu sein. Hunaeus und Allan stehen sich gleich gegenüber, wie Fink und Gooch. Hunaeus will auch nur ein Exzenter mit  $90^\circ$  Voreilwinkel anwenden. Die sehr kurze Exzenterstange besteht aus einem Stücke mit der geradlinigen Koppel. Diese und der Stein an der Schieberschubstange werden durch einen Allan'schen Aufwerfhebel in richtiger gegenseitiger Höhenlage eingestellt. Durch die Kürze der Exzenterstange wird aber die Gleichförmigkeit der Schieberbewegung beeinträchtigt, wie bei Fink.

## II. Abschnitt.

### Umsteuerungen mit unveränderlicher Koppel.

#### 1. Kapitel.

#### Die Umsteuerung von Walschaert.\*\*

#### § 38. Beschreibung der Steuerung.

Das Gerippe der Steuerung von Walschaert ist in Fig. 41, Taf. VI, in kräftigen Linien dargestellt. In ihr beziehen sich alle einfachen Buchstaben auf eine allgemeine Stellung der Kurbel, während die mit einem Striche oben für den linken, die mit zwei Strichen für den rechten toten Punkt der Kurbel gelten.

\* Civilingenieur 1873, Bd. XIX, S. 221.

\*\* Diese Steuerung habe ich in der ersten Auflage, wie es in Deutschland auch jetzt noch allgemein üblich ist, nach Heusinger v. Waldegg benannt. Inzwischen habe ich aber von Herrn M. Urban, Ober-Ingenieur der Eisenbahn Grand Central Belge in Brüssel, die Abschrift eines

Aus der Figur ist ersichtlich, dass diese Steuerung den einen der unmittelbar bewegten Punkte der Koppel von der Hauptkurbel  $A$  aus mitnimmt. Dazu ist am Kreuzkopfe  $B$  auf der vom Schieber-  
spiegel abgewendeten Seite ein Arm  $BC$  fest befestigt, mit einem Zapfen bei  $C$ , der daher die Bewegung des Kreuzkopfes genau mitmacht. Von  $C$  geht eine Zugstange  $CD$  aus, deren Endpunkt  $D$  die Koppel in ihrem tiefsten Punkte fasst. Dieses Getriebe gestattet keinerlei Änderung, so dass der Punkt  $D$  der Koppel für alle Einstellungen der Steuerung wesentlich unveränderlich geführt wird.

Zur Bewegung des zweiten Punktes der Koppel dient ein Exzenter  $E$ , das gewöhnlich unter  $90^\circ$  gegenüber der Kurbel aufgekeilt wird. Die Exzenterstange  $EF$  greift in  $F$  an einem passend gekrümmten Gleitrahmen an, der um den festen Punkt  $G$  schwingen kann. Dabei nimmt er einen Stein  $H$  mit und überträgt die Bewegung durch die Schubstange  $HJ$  auf den zweiten geführten Punkt  $J$  der Koppel. Eine Änderung der Dampfverteilung wird durch eine Änderung der Einstellung des Steines  $H$  im Gleitrahmen hervorgebracht. Dazu ist die Schieberschubstange, wie bei Gooch, im Punkte  $L$  durch die Hängestange  $LN$  von dem auf der Steuerwelle  $P$  aufgekeilten Aufwerfhebel  $PN$  unterstützt. Oft liegt aber auch der Punkt  $L$  ausserhalb von  $H$ . Die Einstellung der Steuerwelle selbst wird in der sonst üblichen Weise am Hebel  $PQ$  eingeleitet. An der Steuerwelle ist noch ein Gegengewicht gegen die Gewichte der Schubstange und der Hängestange nötig.

Der dritte Punkt der Koppel,  $R$ , ist unmittelbar mit der geradlinig geführten Schieberstange  $RS$  gelenkig verbunden. Er bewegt sich daher genau gleich wie der Schieber.

Durch diese Anordnung der Steuerung ergibt es sich ganz von selbst, dass die Schieberstange nicht mit der Cylinderachse zusammenfällt, sondern parallel zu dieser und höher zu liegen kommt. Dann wird aber auch der Schieber Spiegel parallel zur Cylinderachse, und

---

Briefwechsels zwischen ihm und Herrn Heusinger v. Waldegg erhalten, aus dem Folgendes hervorgeht: Walschaert hat am 30. November 1844 ein belgisches Patent auf seine Steuerung erhalten, Heusinger v. Waldegg seine Steuerung erst 1849 erfunden, ohne die andere Erfindung zu kennen. Ausgeführt wurde Heusingers Steuerung 1850/51 an einer kleinen Lokomotive, später wie es scheint nicht mehr. Die erste Ausführung von Walschaerts Steuerung ist nicht angegeben, ihre umfangreichere Anwendung beginnt erst 1860. Beide Steuerungen stimmen nicht vollständig überein. Die heutigen zahlreichen Anwendungen entsprechen dem Patente von Walschaert, daher halte ich es für richtiger, die Steuerung nach ihm zu benennen.

daher kann man bei Lokomotiven den Schieber oben auf den Cylinder legen und bei Zwillingsmaschinen die beiden Cylinder kongruent ausführen, während die Cylinder mehrcylindriger Schiffsmaschinen bei einer solchen Lage des Schiebers näher zusammenzurücken gehen. Dieser Eigenschaft ist es mit zuzuschreiben, dass die Steuerung von Walschaert bei Lokomotiven häufig angetroffen wird, namentlich in ihrer Heimat Belgien, aber auch in der Schweiz und anderweitig. Bei Schiffsmaschinen findet sie sich dagegen nur ausnahmsweise vor, und bei feststehenden Maschinen scheint sie noch gar nicht angewendet worden zu sein. Sonst hat sie in Bezug auf ihre äussere Anordnung noch den Vorteil, dass sie nur ein einziges Exzenter nötig hat, das bei Lokomotiven auch als Gegenkurbel angeordnet werden kann. Dagegen braucht sie an festen Punkten am Maschinengestelle: die Steuerwelle, die Drehachse des Gleitrahmens und eine Prismenführung für die Schieberstange in der Nähe der Koppel, also mehr als die Umsteuerungen mit veränderlicher Koppel.

### § 39. Krümmung des Gleitrahmens.

Die Krümmung des Gleitrahmens bestimmt sich, wie bei den Steuerungen mit veränderlicher Koppel, aus der Bedingung, dass sich die Mittellage des Schiebers durch eine Änderung der Einstellung nicht verschieben darf. Schliessen, wie gewöhnlich, die Kurbel und das Exzenter einen Winkel von  $90^\circ$  ein, so wird diese Bedingung auf folgende Weise erfüllt:

Zunächst sorgt man dafür, dass der Angriffspunkt  $F$  der Exzenterstange am Gleitrahmen für die beiden toten Punkte der Kurbel genau an die gleiche Stelle  $F_0$  gelangt. Und da der Halbmesser des Exzenters dabei senkrecht steht, für den einen toten Punkt nach abwärts, für den anderen nach aufwärts, so muss  $F_0$  auf der Horizontalen durch  $O$  angenommen werden. Dadurch fallen auch die beiden Lagen des ganzen Gleitrahmens für die beiden toten Punkte der Kurbel in eine zusammen, und diese ist dann gleichzeitig seine Mittellage.

Ausserdem werden die Verhältnisse so gewählt, dass die Koppel für die beiden toten Punkte der Kurbel gleich grosse, aber entgegengesetzt gerichtete Neigungen gegenüber der Vertikalen  $D_0R_0$  annimmt und dass dabei ihr von der Schubstange  $HJ$  geführter Punkt  $J$  in  $J_0$  auf diese Vertikale fällt.  $J_0$  ist daher auch die Mittellage von  $J$ .

Jetzt hat man nur nötig, den Gleitrahmen in seiner Mittellage nach einem Kreisbogen zu krümmen, dessen Mittelpunkt sich in der Mittellage  $J_0$  des Punktes  $J$  der Koppel befindet und dessen Halb-

messer die gleiche Länge  $JH$  besitzt, wie die Schubstange. Die Mittellinie des kreisförmigen Schlitzes lässt man am besten durch die Drehachse  $G$  des Gleitrahmens gehen.

Da aber die hierbei benutzten Lagen nicht nur die Mittellagen, sondern gleichzeitig auch die Totpunktlagen der benutzten Stücke sind, so werden sich die Lagen des Schiebers für die beiden toten Punkte der Kurbel durch eine Änderung der Einstellung der Steuerung ebenfalls nicht ändern. Die Umsteuerung von Walschaert in der zunächst untersuchten Anordnung hat also unveränderliches Voröffnen.

#### § 40. Herleitung des Diagrammes.

Um das Diagramm dieser Steuerung zeichnen zu können, muss man zuerst die Bewegung der beiden unmittelbar geführten Punkte der Koppel getrennt untersuchen.

Der unterste dieser Punkte,  $D$ , erhält seine Bewegung von der Triebkurbel aus durch den Kreuzkopf. Wäre die übertragende Kurbelstange sehr lang, so würden sich die Auslenkungen des Kreuzkopfes aus seiner Mittellage auch durch die Abstände der Punkte eines Kreises von seinem vertikalen Durchmesser darstellen lassen, wie früher bei den Exzenterbewegungen. Die Kurbelstange ist nun zwar stets verhältnismässig viel kürzer als eine Exzenterstange, so dass diese Annäherung ziemlich bedeutende Ungenauigkeiten ergibt. Trotzdem muss man sie zulassen, wenn man ein einfaches mit Zirkel und Lineal allein zeichnbares Diagramm erhalten will. Der Kreis, den man dabei zu benutzen hat, ist der Kurbelwarzenkreis selbst, und da sich der Kreuzkopf für den linken toten Punkt der Kurbel in seiner äussersten Stellung links befindet, so muss die Bewegung auf diesem Diagrammkreise im linken Endpunkte seines horizontalen Durchmessers beginnen. Anfangspunkt der Kolbenweglinie im Maßstabe des Gerippes der Steuerung in Fig. 41, Taf. VI, ist daher der Punkt  $A'$ .

Vom Kreuzkopfe aus wird dann der tiefste Punkt  $D$  der Koppel durch Vermittelung der Stange  $CD$  bewegt. Dabei bleibt  $C$  ununterbrochen in gleicher Höhe, während  $D$  mit der Änderung der Neigung der Koppel seine Höhenlage ändert. Die daher rührende Veränderlichkeit der Neigung der Stange  $CD$  hat zur Folge, dass die Horizontalauslenkungen von  $D$  etwas verschieden von denen von  $C$  ausfallen. Diese Abweichungen muss man aber ebenfalls vernachlässigen, und daher bleibt der Kurbelwarzenkreis mit  $A'$  als Ausgangspunkt auch Diagrammkreis für die Auslenkungen des tiefsten Punktes  $D$  der Koppel.

Man könnte allerdings die Anordnung so treffen, dass sich die ungenügenden Längen der Kurbelstange und der Stange  $CD$  bis zum Punkte  $D$  wenigstens angenähert ausgleichen. Dazu müsste man  $CD$  in der Mitte des Kolbenhubes horizontal machen, bei den äussersten Kolbenstellungen dagegen von  $C$  nach  $D$  ansteigen lassen. Diese Neigung ginge so zu bemessen, dass für die beiden toten Punkte der Kurbel der Punkt  $D$  der Welle gegenüber seiner Mittellage um ebensoviel genähert wird, wie sich der Kreuzkopf durch die veränderliche Neigung der Kurbelstange davon entfernt. Die Stange  $CD$  würde dabei aber ungünstig kurz ausfallen. Ausserdem wird die folgende Untersuchung zeigen, dass eine solche Ausglei chung kaum nötig ist. Man wird vielmehr umgekehrt suchen müssen, die Stange  $CD$  möglichst lang zu machen.

Der zweite unmittelbar geführte Punkt  $J$  der Koppel erhält seine Bewegung durch Vermittelung des Gleitrahmens vom Exzenter aus. Von diesem wird zunächst der Punkt  $F$  des Gleitrahmens in einem Kreise um  $G$  geführt. Man muss nun auch die Exzenterstange verhältnismässig lang voraussetzen, dann sind die Horizontal-Auslenkungen des Punktes  $F$  gleich denselben Auslenkungen des Exzentermittelpunktes und zwar unabhängig davon, wie der Kreisbogen, in dem sich  $F$  bewegt, gegenüber der Horizontalen durch  $O$  liegt. Die Bewegung des Punktes  $F$  kann daher im Maßstabe des Gerippes aus dem Kreise durch die  $E$ , mit  $E'$  als Ausgangspunkt, entnommen werden.

Diese Bewegung wird durch den Gleitrahmen in etwas geänderter Form zunächst auf den Stein  $H$  übertragen. Wie bei den früher untersuchten gekrümmten Gleitrahmen muss nun auch hier die Krümmung des Schlitzes so schwach vorausgesetzt werden, dass die Horizontalausschläge des gerade den Stein führenden Punktes genügend genau gleich den Ausschlägen des im gleichen Abstände vom Drehpunkte  $G$  befindlichen Punktes der Tangente angenommen werden dürfen. Dann werden die Ausschläge von  $F$  durch den Gleitrahmen im Verhältnisse der Abstände  $GF:GH \equiv c:c'$  verkleinert und bei der gezeichneten Stellung des Steines auch ihrem Sinne nach geändert. Die Ausschläge des Steines erfolgen daher angenähert so, als wenn er unmittelbar von einem Exzenter bewegt werden würde, dessen Halbmesser  $OT = (c'/c) OE$  ist, und das dem wirklichen Exzenter genau gegenübersteht. Der Ausgangspunkt auf dem zugehörigen Diagrammkreise liegt im oberen Endpunkte seines vertikalen Durchmessers. In der Figur ist übrigens der Stein in seiner höchsten möglichen Stellung gedacht.

Wird nun die Einstellung des Steines im Gleitrahmen geändert, so ändert sich auch der Abstand  $c'$  und damit der Halbmesser des

Diagrammexzentrums. Fällt  $H$  mit  $G$  zusammen, so verschwindet  $c'$ , und der Mittelpunkt des Diagrammexzentrums rückt in den Mittelpunkt  $O$  der Welle. Einstellungen des Steines zwischen  $G$  und  $F$  entsprechen wieder endlichen Werten von  $c'$ , aber mit entgegengesetztem Vorzeichen. Dann wird  $H$  im gleichen Sinne ausgelenkt wie  $F$ , und daher muss der Mittelpunkt des Diagrammexzentrums zwischen  $O$  und  $E'$  liegen. Einer Änderung der Einstellung des Steines entspricht hiernach eine Verschiebung des Mittelpunktes seines Diagrammexzentrums auf einer begrenzten Strecke des vertikalen Kreisdurchmessers innerhalb  $E''$  und  $E'$  zu beiden Seiten von  $O$ .

Vom Steine  $H$  aus erhält endlich der Punkt  $J$  der Koppel seine Bewegung durch Vermittelung der Schubstange  $HJ$ . Diese Stange ist nun stets ziemlich lang, so dass die geringe Änderung ihrer Neigung bei einmal eingestellter Steuerung keinen erheblichen Einfluss erlangt. Ausserdem muss aber ihre Unterstützung von der Steuerwelle aus so günstig vorausgesetzt werden, dass der Stein nicht stark springen kann. Dann gehen die Horizontalauslenkungen ihrer beiden Endpunkte angenähert unter sich gleich anzusehen, und daher ergeben sich die gesuchten Horizontalauslenkungen des Punktes  $J$  der Koppel aus demselben Kreise durch  $T$ , wie die des im Mittel führenden Punktes  $H$  des Gleitrahmens.

Die Auslenkungen der beiden unmittelbar geführten Punkte der Koppel sind hiernach genügend genau durch zwei Kreise darstellbar. Der eine ist der Warzenkreis der Triebkurbel und gilt ungeändert für alle Einstellungen der Steuerung. Anfangspunkt der Kolbenweglinie für den linken toten Punkt der Kurbel ist der linke Endpunkt  $A'$  seines horizontalen Durchmessers. Der andere Kreis ist mit der Einstellung der Steuerung veränderlich, der Anfangspunkt der Kolbenweglinie liegt in einem Endpunkte seines vertikalen Durchmessers. Die beiden so dargestellten Bewegungen der Punkte  $D$  und  $J$  der Koppel sollen nun vereinigt werden zur Bewegung des dritten Punktes  $R$ . Man hat also wesentlich denselben Fall wie bei den Koppeln der schon untersuchten Steuerungen, nur mit anders liegenden Anfangspunkten der Kolbenweglinien und anderem Verhältnisse zwischen den Halbmessern der beiden Kreise.

Jetzt geht das Diagramm für den dritten, den Schieber führenden Punkt  $R$  der Koppel leicht zu zeichnen. Man zieht im Maßstabe des Gerippes die Verbindungslinie  $A'T$  und teilt sie durch den Punkt  $K$  so, dass sich verhält

$$KA' : KT = RD : RJ, \quad (73)$$

dann ist  $K$  das Diagrammexzenter für die Bewegung des Schiebers

bei der in der Figur angenommenen Einstellung der Steuerung. In Abweichung von früher ist die Teilung durch  $K$  hier aber eine äussere.

Bei einer Änderung der Einstellung der Steuerung verschiebt sich nur der Punkt  $T$  auf der Vertikalen durch  $O$ , während der Punkt  $A'$  ungeändert an seiner Stelle bleibt. Daher ändert die Gerade  $A'TK$  ihre Neigung. Wegen der Unveränderlichkeit des gegenseitigen Abstandes der drei Punkte auf der Koppel bleibt dabei aber das Verhältnis der Abstände zwischen den drei Punkten  $A'$ ,  $T$  und  $K$  ungeändert. Und daraus folgt, dass sich  $K$  in einer Parallelen zu  $E''OE'$  verschieben muss, also in einer Vertikalen. Der Mittelpunktsort einer Steuerung von Walschaert ist daher eine vertikale Gerade, was übrigens auch aus der schon nachgewiesenen Unveränderlichkeit des Voröffnens hätte geschlossen werden können.

Will man das Diagramm in natürlicher Grösse zeichnen, so wird es nicht immer möglich sein, die Kurbel ganz mit aufs Blatt zu bringen. Dann muss man zuerst im Gerippe der Steuerung die Richtung von  $A'T$  bestimmen und hierauf diese parallel sich selbst als  $U+4$  in das Diagramm übertragen.

Da die Steuerung von Walschaert als Mittelpunktsort eine vertikale Gerade besitzt, so gilt für die durch sie hervorgebrachte Dampfverteilung alles, was schon bei der Steuerung von Gooch gefunden wurde, und es kann daher hier auf das dortige verwiesen werden. Dagegen ist es nötig, den Einfluss der Kurbelstange auf die Dampfverteilung noch genauer zu prüfen.

Infolge der verhältnismässigen Kürze dieser Stange stehen der Kreuzkopf mit dem Zapfen  $C$  und der Kolben gegenüber ihren äussersten Stellungen stets mehr oder weniger nach der Seite der Welle zu verschoben. Würde sich nun der Schieber genau so bewegen, wie es dem angenäherten Diagramme entspricht, so würde die Füllung auf der Kurbelseite des Cylinders kleiner ausfallen als auf der Bodenseite. Wirklich ist aber die Schieberstellung auch mit von der Stellung des Kreuzkopfes abhängig und zwar so, dass der Schieber gegenüber der dem Diagramme entsprechenden Stellung nach der entgegengesetzten Seite verschoben wird, wie der Kreuzkopf gegenüber seiner Stellung bei einer unendlich langen Kurbelstange. Der Schieber steht also meist etwas zu weit von der Drehachse entfernt. Dadurch wird aber die Füllung des Cylinders auf der Kurbelseite vergrössert, auf der Bodenseite verkleinert. Bei einem Kolbenschieber mit innerer Einströmung müsste der den Schieber führende Punkt  $R$  der Koppel zwischen  $D$  und  $J$  liegen. Dann würde der Schieber im gleichen Sinne verschoben wie der Kreuzkopf, was aber auf die Füllung doch den vorigen Ein-

fluss ausüben würde. Die Kurbelstange gleicht also den ungünstigen Einfluss ihrer Kürze auf die Güte der Dampfverteilung von selbst einigermaßen aus, so dass es unnötig scheint, noch durch die Anordnung der Stange  $CD$  für eine derartige Ausgleichung zu sorgen. In dieser Richtung ist die Steuerung von Walschaert den Umsteuerungen überlegen, welche die Bewegung des Kreuzkopfes nicht mit zur Führung des Schiebers heranziehen.

Bei Lokomotiven üben die Schwingungen der Tragfedern einen ähnlichen Einfluss aus wie bei den Steuerungen mit veränderlicher Koppel. Man hat es hier eben auch mit zwei Schubkurbelbewegungen zu thun, deren Mittelpunkt  $O$  sich senkrecht zu den Schubrichtungen etwas hin und her verschiebt.

### § 41. Entwerfen einer neuen Steuerung.

Für das Entwerfen einer Steuerung von Walschaert sind von anderweitigen Bestimmungen her als bekannt anzusehen: der Cylinder, sein Abstand von der Welle, die Länge des Kurbelarmes und der Abstand der Schieberstange von der Achse des Cylinders. Dieser letzte Abstand sinkt bei grossen Schiffsmaschinen bis gegen  $0,75$  des Cylinderdurchmessers und steigt mit abnehmender Grösse des Cylinders bei Flachschiebern bis über  $1$ , bei Kolbenschiebern bis über  $1,4$ , wobei der Schieberspiegel ausdrücklich zur Cylinderachse parallel vorausgesetzt ist. Bringt man den Zapfen  $R$ , Fig. 41, Taf. VI, nicht in der Achse der Schieberstange an, sondern unter ihr, und dann gewöhnlich auf der Seite des Cylinders, so liegt auch die Gerade  $s$ , in der sich der den Schieber führende Punkt der Koppel bewegt, unterhalb der Achse des Stopfzeuges am Schieberkasten.

Nun muss zuerst die stärkste Füllung gewählt werden, wie bei der Steuerung von Gooch. Mit ihr lässt sich dann das zugehörige Diagrammexzenter in bekannter Weise bestimmen,  $+4$  in Fig. 41, und damit ist sofort der ganze Mittelpunktsort als vertikale Gerade gegeben.

Wird die Reihenfolge der Stücke: Kurbelwelle, Gleitrahmen, Koppel und Cylinder so gewählt wie in der Figur, so muss die Koppel möglichst nahe an den Cylinder herangerückt werden, damit die Stangen hinreichende Länge erhalten können. Dann lässt sich die Vertikale  $d''$  annehmen, in welche die äusserste Stellung rechts des tiefsten Punktes  $D$  der Koppel fallen muss. Da sich dieser Punkt in horizontaler Richtung genau gleich weit bewegt wie der Kreuzkopf, so wird die um die Länge des Kurbelarmes weiter links liegende Vertikale  $d$  Symmetrieachse

seiner Bewegung, und seine äusserste Stellung links muss sich in der um den gleichen Betrag noch weiter links liegenden Vertikalen  $d'$  befinden.

In § 39 ist angegeben worden, dass zur Sicherung der Unveränderlichkeit der Mittellage des Schiebers und auch des Voröffnens der Punkt  $J$  der Koppel für die beiden toten Punkte der Kurbel an die gleiche Stelle  $J_0$  gebracht werden muss. Der obere Endpunkt  $R$  der Koppel befindet sich gleichzeitig jedenfalls auf der Horizontalen  $s$ , in einem der zunächst noch unbekanntenen Punkte  $R'$  oder  $R''$ . Daher müssen die drei Punkte  $R'$ ,  $R''$  und  $J_0$  ein gleichschenkeliges Dreieck mit der Spitze  $J_0$  bilden und die zugehörigen Lagen der Koppel mit der Vertikalen gleiche Winkel einschliessen. Zugleich soll aber der tiefste Punkt  $D$  der Koppel auch in eine der Vertikalen  $d'$  oder  $d''$  fallen. Alle diese Bedingungen gehen nur dann gleichzeitig zu erfüllen, wenn  $J_0$  auf der mittleren Vertikalen  $d$  angenommen wird, so dass diese auch Symmetrieachse für die beiden Punkte  $R'$  und  $R''$  sein muss.

Da der Punkt  $R$  die Bewegung des Schiebers genau mitmacht, so müssen seine beiden Totpunktlagen  $R'$  und  $R''$  um das lineare Voreilen  $e + v$  von seiner Mittellage  $R_0$  auf  $d$  abstehen. Diese Länge ist aus dem Diagramme bekannt, im Maßstabe des Gerippes gleich  $OM$ . Trägt man sie auf  $s$  von  $R_0$  aus nach rechts und links auf, so erhält man die beiden Punkte  $R'$  und  $R''$ .

Weiterhin nimmt man entweder die grösste Neigung der Koppel an, die gegenüber der Vertikalen nicht mehr als höchstens  $30^\circ$  betragen sollte, oder man wählt die Höhenlage der Punkte  $D'$  und  $D''$  und zwar so weit unter der Cylinderachse, als es der Platz gestattet, damit die Neigung der Koppel möglichst klein bleibt, oder endlich kann man auch  $J_0$  in solchem Abstände von  $R'$  oder  $R''$  annehmen, dass die nötigen Zapfen nebeneinander Platz haben. Zeichnet man hiernach die Koppel ein, so kann man die jedesmal noch fehlenden Stücke bestimmen und daher die Lagen von  $D'$ ,  $D''$  und  $J_0$  jetzt als bekannt ansehen.

Hierauf muss der feste Drehpunkt  $G$  des Gleitrahmens gewählt werden. Was seine Lage zunächst in horizontaler Richtung betrifft, so bestimmt sie sich aus der Bedingung, dass sowohl die Exzenterstange  $EF$  als auch die Schubstange  $HJ$  möglichst lang sein sollten.  $G$  wird daher am besten in der Mitte zwischen  $O$  und  $d$  angenommen werden müssen, wenn nicht Platzverhältnisse zu einer anderen Lage zwingen. Ist der Abstand zwischen  $O$  und  $d$  im ganzen ziemlich klein, so ist es besser,  $G$  näher an die Welle zu legen. Der schädliche Einfluss einer zu geringen Länge der Schubstange lässt sich nämlich

nicht beseitigen, während eine unverhältnismässige Kürze der Exzenterstange auszugleichen geht, wie nachher noch gezeigt werden wird. In vertikaler Richtung wird der Drehpunkt  $G$  des Gleitrahmens zweckmässig in die gleiche Höhe mit dem Punkte  $J_0$  gelegt, weil dadurch die Auslenkungen der Schubstange symmetrisch gegenüber der Schubrichtung ausfallen.

Die Mittellinie des Schlitzes geht gewöhnlich durch den Drehpunkt  $G$  des Gleitrahmens. Liesse man sie auf der der Koppel abgewendeten Seite daran vorbeigehen, so könnte man ihren am meisten benutzten Punkt allerdings in die Vertikale durch  $G$  bringen und dadurch die gebräuchliche Dampfverteilung etwas regelmässiger machen. Dagegen würde dann der Stein in der Umgebung des toten Punktes der Steuerung ein stärkeres Springen zeigen. Den Schlitz auf der Seite der Koppel neben  $G$  vorbeigehen zu lassen, wäre in beiden Richtungen ungünstig.

Damit der Stein auch sonst nicht zu stark springt, darf der Gleitrahmen keine zu grossen Winkelausschläge machen, auf jeder Seite der Mittellage nicht mehr als  $20^\circ$  bis  $22\frac{1}{2}^\circ$ . Zieht man durch  $G$  die beiden Geraden  $aa$  unter diesem angenommenen Grenzwinkel, so geben sie die beiden Grenzlagen der Tangente an den Schlitz des Gleitrahmens. Um die Länge des Schlitzes bestimmen zu können, braucht man noch die grösste Horizontalauslenkung des Steines. Nun ist im Maßstabe des Gerippes der Steuerung  $K$  das Diagrammexzenter für die stärkste Füllung. Die Verbindungslinie  $KA'$  schneidet auf dem vertikalen Durchmesser die Strecke  $OT'$  ab, welche der zugehörigen grössten Auslenkung des Steines gleich ist. Zieht man daher im Abstände  $OT'$  von  $G$  auf beiden Seiten die Vertikalen  $b$ , so geben ihre Schnittpunkte mit den  $a$  die äussersten benutzten Punkte der Tangente des Schlitzes. Die äussersten Stellungen des Steines nimmt man am einfachsten auf dem Kreise um  $G$  durch diese Schnittpunkte an. Dadurch sind auch die äussersten Lagen der Schubstange gegeben, und es kann noch ihre Unterstützung von der Steuerwelle aus genau so bestimmt werden, wie es in § 18 für die Schieberschubstange von Gooch gezeigt wurde.

Bei der ganzen bisherigen Entwicklung war es nicht nötig, zu wissen, ob der Stein im Gleitrahmen für einen bestimmten Drehungssinn gehoben oder gesenkt werden soll. Der Sinn dieser Auslenkung hängt auch namentlich nur von dem für die Lagerung der Steuerwelle verfügbaren Platze ab. Ist die Unterstützung der Schubstange festgestellt, so sollte der Stein für den bevorzugten Drehungssinn auf die von der Steuerwelle abgewendete Seite ausgelenkt werden, damit

der Stein und der führende Punkt des Gleitrahmens Bahnen von gleichsinniger Krümmung beschreiben, und so der Stein weniger springt.

Ist diese Frage erledigt, so geht das Exzenter zu bestimmen. Liegt, wie in Fig. 41, der Angriffspunkt  $F$  der Exzenterstange am Gleitrahmen auf der Tangente der Mittellinie des Schlitzes im Punkte  $G$ , so muss er in seinen äussersten Stellungen in die Geraden  $a$  gelangen. Zieht man daher mit  $GF_0$  als Halbmesser, wo  $F_0$  auf  $OB$  liegt, einen Kreisbogen um  $G$ , so ist seine halbe Sehne zwischen den beiden geneigten Geraden  $a$  gleich der Länge des Halbmessers des Exzenters. Wie dieses dann gegenüber der Kurbel aufgekeilt werden muss, ergibt sich durch folgende Überlegung: Vom linken toten Punkte  $A'$  der Kurbel beginnend, bewegt sich der Punkt  $D$  der Koppel von seiner äussersten Stellung links an mit der Anfangsgeschwindigkeit Null, während der Schieber aus seiner Mittellage schon nach rechts ausgelenkt ist und noch weiter nach rechts rücken muss. Das geht dann nur durch eine Bewegung des Punktes  $J_0$  der Koppel nach rechts hin zu erreichen, und dazu muss der Stein  $H$  ebenfalls nach rechts gehen. Damit ist auch der gleichzeitig nötige Sinn der Bewegung von  $F$  gegeben, und so wie  $F$  muss auch der Mittelpunkt des Exzenters ausgelenkt werden. Daraus folgt, dass für Drehung im Sinne des Uhrzeigers, oder allgemeiner, wenn sich die Kurbel von ihrem äusseren toten Punkte aus nach der Seite des Gleitrahmens zu bewegt, der Stein und der Mittelpunkt des Exzenters für diesen äusseren toten Punkt der Kurbel beide ausserhalb, oder beide innerhalb der Horizontalen durch  $O$  und  $G$  liegen müssen.

Ist man genötigt, mit dem Gleitrahmen näher an die Drehachse heranzurücken, so wird die Exzenterstange unverhältnismässig kurz, und das hat ungleiche Ausschläge des Gleitrahmens aus seiner Mittellage zur Folge. Diese Ungleichheit lässt sich aber beseitigen, wenn man die Exzenterstange noch mehr verkürzt und dafür ihren Angriffspunkt  $F$  am Gleitrahmen nach der Seite der Welle zu verschiebt, doch immerhin so, dass er für die toten Punkte der Kurbel in der Horizontalen durch  $O$  bleibt. Gleichzeitig ist auch eine Änderung des Halbmessers des Exzenters erforderlich. Die Aufgabe geht aber nicht mit Zirkel und Lineal allein zu lösen, vielmehr müssen die günstigsten Verhältnisse ausprobiert werden.

Folgende Andeutungen sollen zur Erleichterung des Aufsuchens dienen. In Fig. 42, Taf. VI, ist der wie vorhin bestimmte Gleitrahmen mit seinen Grenzlagen noch einmal hingezeichnet. Die Hauptpunkte, Mittellage  $F_0$  und Grenzlagen  $V_0$  und  $W_0$  des dortigen Angriffspunktes

der Exzenterstange sind mit dem Zeiger  $o$  versehen. Verschiebt man nun die Mittellage des Angriffspunktes  $F_0$  auf  $OF_0$ , also auf einer Tangente des Bogens  $V_0F_0W_0$ , und verlangt man, dass der Ausschlagswinkel ungeändert bleibt, so rücken die Endpunkte  $V$  und  $W$  des Kreisbogens um  $G$ , in dem sich  $F$  jetzt bewegt, in Geraden  $v$  und  $w$  fort, die auch Tangenten an den Bogen  $V_0F_0W_0$  in  $V_0$  und  $W_0$  sind, wie ohne weiteres aus der Kongruenz der Dreiecke  $F_0GF$ ,  $V_0GV$  und  $W_0GW$  folgt. Nimmt man nun einen beliebigen Punkt  $F$  an und bestimmt seine Grenzlagen  $V$  und  $W$  auf  $v$  und  $w$  durch Einschneiden mit dem Bogen  $VFW$ , oder unter Berücksichtigung der Gleichheit von  $F_0F$ ,  $V_0V$  und  $W_0W$ , so wäre mit den üblichen Bezeichnungen  $r$  und  $l$

$$OV = l - r \text{ die kleinste,}$$

$$OW = l + r \text{ die grösste}$$

Entfernung des Endpunktes der Exzenterstange von  $O$ . Hieraus wären  $l$  und  $r$  in bekannter Weise bestimmbar. Macht man auf  $OW$   $OX = OV$  und halbiert  $XW$  in  $Y$ , so ist

$$OY = l, \quad YW = YX = r.$$

Mit diesen Grössen würde der Gleitrahmen den richtigen Gesamtausschlag erhalten, dagegen im allgemeinen für die beiden toten Punkte der Kurbel nicht in seiner Mittellage stehen, da die Entfernung des Punktes  $F$  von den Endpunkten des vertikalen Durchmessers des Exzenterkreises nicht gerade gleich  $l$  werden wird. Man muss nun  $F$  so lange verschieben, bis auch diese Bedingung erfüllt ist. Allerdings fallen so die grössten Ausschläge des Gleitrahmens nicht auf gegenüberliegende Exzenter- oder Kurbelstellungen, was aber auch bei der zuerst vorausgesetzten Anordnung des Gleitrahmens nicht genau geschieht. Will man in dieser Richtung noch einigermassen ausgleichen, so muss die Lage von  $F$  an einem Modell endgültig bestimmt werden.

Bei Lokomotiven könnte für den bevorzugten Drehungssinn bei kleineren Füllungen ein grösseres Voröffnen verlangt werden, als beim äussersten Grade. Um eine solche Dampfverteilung zu erhalten, muss man beachten, dass, wie aus der Herleitung des Diagrammes in § 40 folgt, der Mittelpunkt sort stets eine Gerade wird, die parallel gerichtet ist zum Halbmesser des Exzenters in seinen Lagen für die toten Punkte der Kurbel. Daher muss auch umgekehrt das Exzenter mit dem vorgeschriebenen geeigneten Mittelpunkt sort parallel angenommen werden.

Beim Entwerfen einer solchen Steuerung kann man verschiedene Wege einschlagen. Dem vorigen schliesst sich folgender am besten an: Zunächst bestimmt man den Mittelpunkt sort  $+4 - 4$ , s. Fig. 43,

Taf. VI, aus den gegebenen Bedingungen, wesentlich wie bei der Steuerung von Gooch, nur legt man hier am zweckmässigsten seinen Mittelpunkt  $M$  auf die Horizontale durch  $O$ , so dass dieser Punkt dem toten Punkte der Steuerung entspricht. Da das Voröffnen veränderlich ist, so steht die Koppel für die toten Punkte der Kurbel nicht mehr bei allen Füllungsgraden gleich. Der weiteren Entwicklung werden am einfachsten ihre Stellungen für den toten Punkt der Steuerung zu Grunde gelegt. Man nimmt also, s. Fig. 41, Taf. VI, die Punkte  $D'$ ,  $D''$ ,  $R'$ ,  $R''$  genau so an, wie vorhin, der einzige Unterschied ist der, dass  $R'$  und  $R''$  hier nur für den toten Punkt der Steuerung gelten. Die Abstände der  $D$  und  $R$  von der Vertikalen  $d$  sind daher gleich  $OA'$  und  $OM$ . Zieht man nun  $D'R'$  und  $D''R''$ , so schneiden sich diese beiden Geraden auf  $d$  in  $J_0$ , und es verhält sich:

$$J_0D' : J_0R' = D_0D' : RR' = OA' : OM.$$

Das letzte Verhältnis ist aber das gleiche, in welchem das Diagramm-Exzenter für den oberen geführten Punkt der Koppel die Strecken von  $A'$  bis zum Mittelpunktsorte teilt. Und daher muss die Schubstange die Koppel in  $J_0$  fassen. Der Punkt  $J_0$  der Figur selbst ist Mittellage für diesen Angriffspunkt. Weiterhin wählt man den Drehpunkt  $G$  des Gleitrahmens auch horizontal neben  $J_0$  und bestimmt seine Länge und seinen Ausschlagswinkel, sowie die Länge des Halbmessers des Exzenter ganz wie vorhin. Der Winkel zwischen diesem Halbmesser und der Kurbel ist dann gleich  $A'M - 4$  oder  $A'M + 4$ , je nachdem der Stein für Drehung im Sinne des Uhrzeigers gehoben oder gesenkt wird. Der Angriffspunkt  $F$  der Exzenterstange am Gleitrahmen muss hier so gewählt werden, dass er für die Mittellage des Gleitrahmens, also für vertikale Stellung der Exzenterhalbmesser, in die Horizontale durch  $O$  fällt. In dieser Lage des Gleitrahmens muss endlich sein Schlitz nach einem Kreisbogen gekrümmt werden, dessen Mittelpunkt sich in der Mittellage  $J_0$  von  $J$  befindet.

## § 42. Abarten der Umsteuerung von Walschaert. *alias Kussinger*

Unter den Abarten der Steuerung von Walschaert sind zunächst einige zu erwähnen, die sich nur durch eine andere gegenseitige Lage der einzelnen Stücke von der in Fig. 41 dargestellten Anordnung unterscheiden. So haben in Fig. 44, Taf. VI, Gleitrahmen und Koppel ihre Plätze gewechselt. Dadurch werden die Exzenterstange  $EF$  und die Schubstange  $HJ$  länger; aber auch die Zugstange  $CD$  geht genügend lang zu machen, wenn die Koppel nahe an die Achse gerückt und

vielleicht auch noch der Punkt  $C$  am Kreuzkopfe näher an den Cylinder gelegt wird. Noch länger wird die Schubstange  $HJ$  bei der in Fig. 45, Taf. VI, dargestellten Reihenfolge, während die anderen Stangen dabei ungefähr ihre frühere Länge beibehalten.  $HJ$  erhält eine etwas geringere Länge, wenn man die Koppel zwischen Achse und Kreuzkopf annimmt. So lange Stangen ergeben eine sehr gleichmässige Schieberbewegung, sie müssen aber, namentlich bei Lokomotiven, genügend kräftig ausgeführt werden, damit sie nicht in peitschende Bewegung geraten können.

Schiffsmaschinen haben gewöhnlich einen gegenüber dem Kolbenhube grossen Cylinderdurchmesser. Um in diesem Falle keinen zu langen Gleitrahmen und keine zu grosse Auslenkung des Steines zu erhalten, neigt man die Schubrichtung des Endpunktes  $F$  der Exzenterstange gegenüber der Achsrichtung des Cylinders, und zwar nach der Seite des Schiebers. Gleichzeitig muss man den Halbmesser des Exzenters und den Arm am Gleitrahmen, an dem die Exzenterstange angreift, für die toten Punkte der Kurbel senkrecht zu dieser Schubrichtung stellen.

Bei kleinen Lokomotiven mit zwei gekuppelten Achsen bewegt **Bagnall**\* den Gleitrahmen in der gewöhnlichen Art durch ein Exzenter auf der Haupttriebachse. Die Bewegung des untersten Punktes der Koppel leitet er aber von einem mit der Kurbel gleich gerichteten Exzenter auf der Kuppelachse ab. Da dieses einen kleineren Halbmesser erhält, als die Kurbel, so werden die beiden Abschnitte der Koppel weniger ungleich. Trotzdem rücken in der Ausführung die beiden Punkte  $J$  und  $R$  so nahe zusammen, dass der eine der beiden Zapfen den anderen exzenterartig umschliesst.

Man hat auch gesucht, das Exzenter ganz zu vermeiden und die schwingende Bewegung des Gleitrahmens von der Kurbel oder einem Punkte der Kurbelstange abzuleiten. Zu diesem Zwecke muss man am Gleitrahmen einen zu seiner Sehne senkrechten Arm anbringen, der von der Kurbelstange aus durch eine Verbindungsstange bewegt wird. Diese Stange würde aber unverhältnismässig kurz ausfallen, was eine sehr ungleichmässige Dampfverteilung zur Folge hätte. Trotzdem schlägt **Younghusband**\*\* eine solche Anordnung vor, nur benutzt er nicht die Kurbelstange selbst, sondern eine zweite von der Kurbel ausgehende Stange, die gleichzeitig den untersten Punkt der Koppel unmittelbar bewegt.

\* Engineer 1893, II, 380—381.

\*\* Englisches Patent 1888; Engineering 1888, II, 369.

Um eine gleichmässige Schwingung des Gleitrahmens zu erhalten, ordnet **J. Hawthorn Kitson**\* bei Schiffsmaschinen eine Zwischenwelle  $V$ , Fig. 46, Taf. V, an, welche durch die am Hebel  $VW$  angreifende Stange  $WX$  von der Kurbelstange aus in Schwingungen versetzt wird. Von  $W$  geht eine zweite Stange  $WY$  aus, die in  $Y$  den Arm  $GY$  und dadurch den Gleitrahmen mitnimmt. Die sonst noch in der Figur hinzugefügten Buchstabenbezeichnungen haben die nämliche Bedeutung, wie in Fig. 41, nur ist der übrige Teil dieser Figur hier weggelassen. Damit der Gleitrahmen möglichst gleichmässig schwingt, sollten die Sehnen der von  $W$  und  $Y$  beschriebenen Kreisbögen ungefähr in der nämlichen Vertikalen zusammenfallen, weil so die beiden Stangen  $WX$  und  $WY$  angenähert gleichzeitig am steilsten oder am stärksten geneigt stehen, wodurch sich der Einfluss ihrer geringen Länge gegenseitig teilweise ausgleicht. Wegen der Verschiedenheit der beiden Längen geht aber doch keine vollkommene Ausgleichung zu erreichen. Günstigste Verhältnisse müssen ausprobiert werden.

Schon früher hatte **J. Hofmann**\*\* vorgeschlagen, den Gleitrahmen von einem seitlich an der Kurbelstange angebrachten Punkte aus zu bewegen, aber mit einer abweichenden Übertragung. Ausführungen dieses Vorschlages sind mir jedoch nicht bekannt. Dasselbe gilt von der Steuerung von **Rickie**†, welche die Schwingungen des Gleitrahmens durch einen zweiten, ebenfalls schwingenden Gleitrahmen vermittelt, in dessen Schlitz sich ein Punkt der Kurbelstange hin und her verschiebt.

Bei Maschinen mit zwei unter  $90^\circ$  versetzten Kurbeln gehen Exzenter dadurch zu vermeiden, dass die Bewegung jedes Gleitrahmens je von der anderen Kurbel abgeleitet wird. Die erste Steuerung dieser Art ist nach **Belpaire** an einer 1873 in Wien ausgestellten Lokomotive von **Carels** ausgeführt worden.†† Die Maschine hatte hoch liegende Cylinder und übertrug die Bewegung vom Kolben auf die Triebachsen durch einen um eine vertikale Mittellage schwingenden zweiarmigen Hebel. Von einem Zwischenpunkte jedes Hebels wurde der tiefste Punkt der gleichseitigen, ziemlich kurzen Koppel

\* Englisches Patent 1879. D. R.-P., Kl. 14, Nr. 10200. Zeitschrift des Vereines deutscher Ing. 1881, 40. Dingler 1881, 242, 157. Diese Steuerung findet sich bald als Kitson-, bald als Hawthorn-Steuerung benannt.

\*\* Dingler 1877, 223, 30.

† Dingler 1888, 270, 345.

†† Zeitschrift des Vereines deutscher Ing. 1874, 354 und Taf. XV.

geführt, während ein anderer Zwischenpunkt des Hebels den Gleitrahmen der anderen Seite in Schwingungen versetzte. Für die letzte Übertragung sind zwei besondere Achsen nötig, so dass das ganze Steuerungsgetriebe sehr viele Teile erhält. Daher hat diese Steuerung wenig Nachahmung gefunden, trotzdem mit ihr eine gute Dampfverteilung erreichbar ist. Nur die Schweizerische Lokomotiv- und Maschinenfabrik in Winterthur hat die Lokomotiven der Zahnradbahn Visp-Zermatt mit einer ähnlichen Steuerung ausgerüstet.\* Da sie aber unmittelbare Übertragung der Bewegung durch eine Kurbel anwendet, musste sie vom Kreuzkopfe aus mitgenommene Hebel einschalten, von denen die übrigen Bewegungen abgeleitet werden. Um die Höhenausdehnung der Steuerung zu verringern, greifen die Aufwerfhebel ohne Hängestangen in Längenschlitze der Schubstangen. Da die eine Kurbel der anderen voreilt, während die andere der ersten nacheilt, müssen die beiden Steine in den Gleitrahmen gleichzeitig nach entgegengesetzten Seiten ausgelenkt werden. Daher genügt eine einzige Steuerwelle nicht, vielmehr muss auf jeder Seite noch je eine Hilfssteuerwelle eingeschaltet werden.

Wesentlich gleich sind die **Sjövall**\*\* und **Green**\*\*\* patentierten Steuerungen beschaffen, Ausführungen von ihnen sind mir aber nicht bekannt.

Bei Lokomotiven wird gelegentlich der unterste Punkt der Koppel nicht vom Kreuzkopfe, sondern von einem Kuppelstangenkopfe aus bewegt.† Liegt aber der geführte Punkt der Koppel, wie gewöhnlich, unterhalb der Cylinderachse, so muss dadurch seine Auslenkung, also auch die des Schiebers, ungleichmässiger werden.

Abweichend von den bisher besprochenen Anordnungen leitet **Fidler** †† die Bewegung des untersten Punktes der Koppel und die Schwingung des Gleitrahmens von einem Exzenter ab, das der Kurbel gegenüber steht, s. Fig. 47, Taf. V. Der den Schieber führende Punkt der Koppel muss daher bei Schiebern mit äusserer Einströmung zwischen die beiden anderen Punkte gelegt werden. Dadurch rückt der Gleitrahmen weit hinauf, so dass die Steuerung in dieser Richtung

\* Barbey, Les locomotives suisses, Genève, Eggimann & Cie., Seite 85 und Taf. 51.

\*\* D. R.-P. Kl. 14, Nr. 45 560 und Zeitschrift des Vereines deutscher Ingenieure 1889, 155.

\*\*\* Englisches Patent 1893. Engineering 1893, I, 760.

† Organ für die Fortschritte des Eisenbahnwesens 1898, S. 223.

†† Engineering 1886, II, 315.

viel Platz braucht. Trotzdem wird die Exzenterstange kaum jemals verhältnismässig länger ausfallen, als bei der ursprünglichen Walschaert'schen Anordnung, so dass sich auch keine gleichförmigere Dampfverteilung ergeben kann. Ausgeführt sei diese Steuerung bisher nur bei Lokomotiven.\*

Zur Vereinfachung der Herstellung hat **Helmholtz**\*\* einen geradlinigen Gleitrahmen vorgeschlagen und auch mehrfach an Lokomotiven ausgeführt. Die Verhältnisse lassen sich in folgender Weise feststellen, vgl. Fig. 48, Taf. V. Zunächst zeichnet man den Kreisbogen um  $J_0$  als Mittelpunkt, in dem die Mittellage des Steines bei einer Änderung der Einstellung der Steuerung eigentlich bleiben sollte. Dann zieht man die Mittellinie zwischen seiner Sehne und seiner Tangente und bestimmt ihr gegenüber die Lage der Steuerwelle  $P$  und den Aufwerfhebel  $PN$  wie sonst, aber für unmittelbare Unterstützung des Steines  $H$  durch die Hängestange. Fügt man endlich noch die Grenzlagen dieser Stange,  $N_1H_1$  und  $N_2H_2$ , und die Lage  $N_0H_0$  für den toten Punkt der Steuerung hinzu und verlängert diese Geraden bis zum Schnitte  $B$  mit der Mittellinie der von  $N$  und  $H$  beschriebenen Kreisbögen, so erhält man in der Strecke  $B_1B_2$  die ganze Länge des Gleitrahmens und in  $B_0$  seinen Mittel- und Drehpunkt  $G$ . Es erscheint zweckmässig, die Steuerwelle  $P$  auf der Seite des Cylinders anzuordnen; läge  $P$  auf der anderen Seite, so würde der Gleitrahmen zwischen  $J_0$  und  $P$  fallen und die Neigung der Hängestange grösser werden. Mit der Anwendung eines solchen geradlinigen Gleitrahmens wird allerdings die genaue Unveränderlichkeit des Voröffnens und der Mittellage des Schiebers aufgegeben. Die Figur 48 musste übrigens, um deutlich zu sein, in ausnahmsweise verzerrten Längenverhältnissen gezeichnet werden.

Die «Winkelhebelsteuerung» von **Gölsdorf**† vermeidet den Gleitrahmen ganz und ersetzt ihn durch einen Winkelhebel, der seine schwingende Bewegung auch von einem Exzenter erhält, während der sonstige Stein durch eine Schwinge in einem Kreisbogen um den Endpunkt des anderen Armes des Winkelhebels geführt wird.

Während bei allen bisher besprochenen Abarten der Steuerung von Walschaert übereinstimmend die beiden unmittelbar geführten Punkte der Koppel vollkommen unveränderlich an dieser angebracht waren, ist das bei der schon oben erwähnten Steuerung von **Heusinger**

\* Zeitschrift des Vereines deutscher Ingenieure 1889, 1043.

\*\* Dasselbst 1884, 772.

† Organ für die Fortschritte des Eisenbahnwesens 1897, S. 204.

v. Waldegg nicht mehr der Fall. Der obere Punkt *J* der Koppel ist zwar unveränderlich an ihr befestigt, und er wird auch auf gleiche Weise durch ein Exzenter und einen zwischengeschalteten Gleitrahmen geführt. Dagegen wird das untere Ende der Koppel anders in Bewegung gesetzt. Am Kreuzkopfe ist nämlich eine Öse angebracht, die sich um eine zum Kreuzkopfpapfen parallele Achse drehen kann. Durch diese Öse geht die Koppel hindurch und wird so mitgenommen, wobei sie sich aber in ihrer Längenrichtung, wie bei einem Prismenpaare, in der Öse hin und her verschiebt. Dadurch ändert sich das Längenverhältnis der Koppelabschnitte ununterbrochen, und zwar so, dass der untere Abschnitt in den beiden Totpunktlagen am grössten, in der Nähe der Mitte des Kolbenhubes am kleinsten wird. Diese Veränderung ist so beschaffen, dass sie den Einfluss der endlichen Länge der Kurbelstange auf die Bewegung des Schiebers vergrössert. Ob dieser Einfluss die auf die Kolbenstellung bezogene Dampfverteilung verbessert oder verschlechtert, hängt von den besonderen Verhältnissen ab. Es lässt sich also nicht allgemein entscheiden, ob in dieser Richtung Walschaert oder Heusinger v. Waldegg den Vorzug verdient. Dagegen schaltet Heusinger zur Führung des tiefsten Punktes der Koppel gleitende Reibung ein, während bei Walschaert dort nur Zapfenreibung auftritt. Daher ist es erklärlich, dass sich die Steuerung von Heusinger v. Waldegg gegenüber der von Walschaert nicht eingebürgert hat.

---

## 2. Kapitel.

### Die Umsteuerung von Hackworth.

#### § 43. Beschreibung der Steuerung.

Die gewöhnlich nach Hackworth benannte Steuerung ist schon zwischen 1840 und 1850 in Frankreich einem Anderen patentiert gewesen, aber ohne weitere Beachtung zu finden. Ausgeführt wurde sie zuerst von John Wesley Hackworth, der von 1849 an in England verschiedene Patente auf seine Steuerungsanordnungen genommen hat.\* Hier soll zunächst seine älteste Anordnung untersucht

---

\* Engineering 1886, I, 61. Dingler 1876, 219, 3. Geschichtliche Angaben über diese und andere Steuerungen von Smith in Engineering 1889, II, 613 u. ff.