

Rotirende Schieber. Rotirende Schieber und Hähne bewährten sich bis heute nicht. Schuld daran dürfte, abgesehen von der stets das Oel abstreifenden Arbeitsweise, hauptsächlich die noch der nöthigen Höhe ermangelnde Werkstättentechnik sein, welche weder das Material so beherrscht, dass die Wärmedehnungen bis auf Hundertstel-Millimeter oder noch strenger ringsum gleich auftreten, noch die Bearbeitung bis zu diesen Genauigkeiten bringt. Ja die Mehrzahl der Werkstätten begreift noch gar nicht die Nothwendigkeit solcher Feinheiten und ermangelt der Instrumente, um sie zu messen. Sonst wären rotirende Steuerungen, insbesondere bei hohen Tourenzahlen, die am meisten der Natur gemäßen.

#### Allgemeines.

Den folgenden Betrachtungen ist, der einfachen Ausdrucksweise wegen, die Schiebersteuerung zu Grunde gelegt; die Schlüsse gelten aber auch in sinngemäßer Anwendung für Ventile und Hähne.

Ist eine Maschine mit den weiten Canälen ausgestattet, so müssen diese auch benützt werden, und die Steuerung muss derart eingerichtet sein, dass während eines großen Theiles der Füllung keine Verengung durch die Schieber selbst entsteht.

Dies kann nur durch große Excenter erreicht werden, deren Hub größer ist als die Summe von Canalbreite und äußerer Deckung; denn dann überstreift die Schieberkante die innere Canal-kante, und dessen Querschnitt bleibt lange frei. Große Excenter öffnen und schließen aber auch bei gleicher Füllung und gleichem Voreilen die Canäle schneller, als es kleineren Excentern möglich ist.

So eignet sich für eine schnellgehende Maschine, und insbesondere wenn sie nicht mit sehr kleinen Füllungen, großen schädlichen Räumen, welche hohe Compression verlangen, oder höchst vollkommener Dampfvertheilung arbeiten soll, das Steuerungs-

system mit einem Schieber ganz gut, nur muss dessen Hub größer als sonst gemacht oder ein Canalschieber verwendet werden.

Bei Zweischiebersteuerungen wird man denselben Grundsatz, die Canäle möglichst lang ganz offen zu halten, wieder beachten müssen, und insbesondere ist es die Dampfabspernung, welche nicht schleichend, sondern so rasch erfolgen soll, dass man im Diagramm die beginnende Drosselung nicht merkt. Daher soll auch das Expansions-Excenter einen großen Hub erhalten, und wo möglich so gekielt sein, dass es im Momente des Absperrens sich nicht in oder noch vor seiner todten Lage befindet, wo es vom Vertheilschieber nur überholt wurde; im Gegentheile soll der Voreilwinkel derart gewählt sein, dass der Abschluss mit großer relativer Geschwindigkeit erfolgt, was dann geschieht, wenn bei Beginn der Expansion der eine Schieber im Hin- der andere im Hergange begriffen ist, d. h. das eine Excenter die todte Lage bereits überschritten hat, während das andere sich ihr noch nähert. Dies ist nur in der Nähe der von vornherein bestimmten Normalen, und nicht etwa bei allen Graden der Füllung möglich.

Scheut man sich die großen Hube einzuführen, so kann man die bekannten Hilfseinströmungen und Gitterungen der Schieber benützen, deren Anwendung noch nicht so häufig ist als sie es verdienen würden. Allerdings verlangt deren Herstellung eine wesentlich schwierigere Arbeit als einfache Platten, und ist deren Verwendung bei kleinen Geschwindigkeiten und engen Canälen, bei kleinen Schiebern mit kurzem Hub nicht so Bedürfniss wie bei großen Geschwindigkeiten.

Die Voreilungen. Das lineare Voreilen kann nur mit dem Indicator richtig gestellt werden. Sowohl die äußere als die innere Voreröffnung der Canäle wird im Allgemeinen desto größer sein müssen, je höher die Kolbengeschwindigkeit steigt, indem sowohl der Einströmdampf eine gewisse Zeit zur Füllung der schädlichen Räume benöthigt, als auch der expandirende Dampf rückwärts

schon umgesteuert werden muss, während sein vorderer Theil dem Kolben noch nachstürzt. Diese Voreröffnungen sollen so eingestellt werden, dass sie im Diagramm nicht wahrnehmbar sind, was bei höheren Geschwindigkeiten leichter zu erreichen ist als beim langsamen Gang. Bei höheren Geschwindigkeiten kommen nämlich in Folge der endlichen Druckübertragungsgeschwindigkeit alle Veränderungen in der Dampfvertheilung etwas verspätet in die Erscheinung des Diagramms, und ein Blick in die Fig. 89 zeigt, wie die beim langsamen Gange deutliche Sichtbarkeit des constanten Voreröffnens einer Ausströmung sich allmähig dem steilen Abfallen nähert, wenn die Geschwindigkeit steigt.

Die Erfahrung zeigt, dass die innere Voreröffnung  $\sim \cdot 3 - \cdot 5$  Canalbreite betragen soll, um weder einen Entfall an Expansionsarbeit noch einen Gegendruck bei Beginn der Ausströmung zuzulassen.

Das äußere lineare Voreilen wird meist auf  $\cdot 1 - \cdot 2$  des Canalquerschnittes vorgenommen. Beide Voreröffnungen sind aber mit dem Indicator in jedem einzelnen Falle richtig zu stellen. Im Allgemeinen können die Voreröffnungen desto kleiner sein, zu je tieferem Enddruck die Expansion reicht und je höher die Compression steigt.

#### Die Deckungen.

Werden große Excenter angewendet, dann wird für ein bestimmtes äußeres Voreilen und eine bestimmte Normalfüllung die äußere Ueberdeckung groß, und weil das innere Voreilen gleich dem äußeren mehr der Differenz der Deckungen ist, so kann die innere Deckung nicht mehr so klein bleiben, als sie bei Steuerungen langsam gehender Maschinen mit kurzem Schieberhube und kleiner äußerer Deckung war. Wird die äußere Deckung groß, so muss auch die innere Deckung wachsen, damit die Differenz den Werth  $\sim \cdot 3$  Canalbreite weniger dem äußeren Voreilen beibehält.

Mit der Vergrößerung der inneren Deckung kommt aber die Compression in's Spiel. Für kleine Geschwindigkeiten und bei verschwindender Kleinheit der schädlichen Räume eignet sie sich nicht, denn wenn in Folge kleiner Dampf- und kleiner Massendrücke ihr Widerstand nicht gleichsam von der einen auf die andere Kolbenseite überwunden wird, so muss die Kurbel treibend in das Gestänge greifen, und, statt selbst getrieben zu werden, einen Theil der Arbeit zurückgeben, den sie eben empfing. Für große Geschwindigkeiten, bei welchen die weiteren Querschnitte der Dampfwege auch größere schädliche Räume erbringen, ist aber die Compression aus den bereits mehrfach erörterten Gründen wie geschaffen, und sie dürfte eine der Hauptursachen sein, warum sich in der Locomotivmaschine, wo sie mit der Coulissensteuerung unvermeidlich verbunden auftrat, die hohe Kolbengeschwindigkeit schon so lange und gut bewährt hat. Die Schieber schnellgehender Maschinen verlangen daher eine große innere Deckung.

Gesonderte Ausströmschieber. Wenn man kleine Füllungen anwenden will und das Vertheilcenter derart stellt, dass es schon bei einem kleinen Kolbenweg den Canal weit öffnet (wo dann eine zweite Vorrichtung den Schluss der Einströmung schneller herbeiführen muss als es durch dasselbe Excenter geschehen könnte), so gibt ein kleiner Voreilwinkel und kleine Ueberdeckung am besten das verlangte lineare Voreilen und die rasche Eröffnung des Dampfweges; denn je steiler die Lage des Excenters ist, desto rascher geschieht der Schieberhub.

Dann wird aber das innere lineare Voreilen kleiner; denn dies ist bekanntlich nur um die Differenz der Deckungen größer als das äußere Voreilen. Ist nun die äußere Deckung klein (und eine größere Deckung müsste für gleiches Voreilen mit langsamerer Canaleröffnung und größerem Hub erkauft werden), so wird auch die Differenz und mit ihr das innere Voreilen selbst

dann noch klein, wenn selbst die innere Deckung gleich Null gemacht wurde.

Die Summe der inneren und äußeren Deckung gibt aber das Maß der Compression, und ist die äußere Deckung klein und die innere gleich Null, so entfällt jede Möglichkeit, eine sich nur bemerklich machende Compression einzuführen.

Ohne bedeutende Voreröffnung der Ausströmung und ohne Compression ist es aber nicht möglich, jene hohen freien Anfangsüberdrücke auf der Kolbenfläche zu erzeugen, welche für hohe Kolbengeschwindigkeit nothwendig sind, und daher sollen Maschinen, welche bei kleiner Füllung mit bedeutender Geschwindigkeit arbeiten müssen, gesonderte Ausströmschieber erhalten, wenn die Dampfvertheilung auf's Vollkommenste sein soll.

Werden gesonderte Ausströmschieber verwendet, so geht die sonst nöthige Muschelform in die Form einer einfachen ebenen Platte über, welche an und für sich leichter in Gewicht und Herstellung ist, und dem Dampfstrom weniger plötzliche Richtungsänderungen auferlegt. Auch lassen sich die für die Ausströmung nöthigen weiteren Querschnitte hier unter Einem berücksichtigen.

#### Die Regulirung der Füllung.

Feste Excenter. Feste Excenter unter unveränderlicher Verbindung mit einem oder mehreren Schiebern passen für Maschinen mit hoher Kolbengeschwindigkeit nicht, denn sie gestatten keine Regulirung der Füllung. Maschinen mit solcher Ausstattung könnten nur durch Drosselung auf ihrer bestimmten Geschwindigkeit gehalten werden, was bekanntlich hier verpönt ist. Höchstens dürften Maschinen mit ganz bestimmt constanter Belastung oder bei übermäßig hohem Dampfdruck derart gesteuert werden.

Von den gesonderten Expansions-Regulirvorrichtungen, welche außerhalb der eigentlichen Steuerung, gleichsam oder öfter thatsächlich als Zugaben vor der Dampfkammer wirken, soll hier gänzlich abgesehen werden. Dies sind nur Nothbehelfe für alte Maschinen.

## Expansions-Steuerungen.

Aus dem Heer der Steuerungen, welche eine Veränderung der Füllung während des Ganges ermöglichen, sollen nur einige herausgegriffen und vom Standpunkte der hohen Kolbengeschwindigkeit kurz betrachtet werden. Die Constructionsprincipe sind als bekannt vorausgesetzt.

Zweischieber-Steuerungen. Diese sind heute im Allgemeinen wenig mehr verwendet, indem die Zahl ihrer dicht zu haltenden und sich reibenden Flächen doppelt so groß ist und doppelt so viel Störungen drohen als bei einfachen Schiebern.

Die Meyer-Steuerung kann wohl sehr vollkommen ausgeführt werden und wirken. Nur ist ihre Einstellung durch den Regulator complicirt und kann nicht schnell genug erfolgen. Sie eignet sich nur für die Stellung von Hand aus, und daher nur für ziemlich gleichbleibende Arbeit.

Die Rider-Steuerung ist schlecht. Denn bei längerem Gleichgang nützen sich Riefen und Stufen an den nicht überstreifenden Flächen ein, welche dem Regulator einen oft unüberwindlichen Widerstand entgegensetzen.

Anschlag-Steuerungen. Fareot- und ähnliche Knaggen sind bei den Schleuderwirkungen höherer Geschwindigkeiten zu unverlässlich. Auch die meist excentrischen, d. i. nicht im Mittelpunkt der Massen und Widerstände angreifenden Anschläge sind verwerflich.

Schleifbogen-Steuerung. Von der Locomotive her ist die Coullisse bestens bekannt. Sie eignet sich mehr für Handeinstellung als für den Regulator, auf dem sie, in Folge von auftretenden Componenten jener Kräfte, welche zur Schieberbewegung nöthig sind, veränderliche Rückwirkungen übt. Für Umsteuerung auf Vor- und Rückwärtsgang gibt es nichts Besseres.

Corliss-Steuerungen. Hier sind stets getrennte Ein- und Auslassorgane für jede der beiden Kolbenseiten vorhanden, und der Schluss der Einströmung wird durch das Ausklinken der zugehörigen Steuerstange eingeleitet und von einer nun frei werdenden Federkraft besorgt. Dies ist die heute am meisten verwendete Form für Expansionssteuerungen großer Maschinen. Der Zeitpunkt der Auslösung hängt vom Stand des Regulators ab, welcher selbst keine Rückwirkung durch die Auslösung oder sonst von Seite des Gestänges erfährt oder erfahren soll. Die Zahl der Umdrehungen der Maschine ist aber mit ungefähr 100 per Minute beschränkt, da sonst die Aus- und Wiedereinklinkungen leicht versagen, und auch Schleuderwirkungen und Rückbliebe der Federwirkungen auftreten. Bei Corliss-Drehschiebern bleiben die schädlichen Räume klein ( $\sim 3\cdot5\%$ ) und für Maschinen von langem Hub oder große Maschinen überhaupt ist keine bessere Expansionssteuerung bekannt.

Aus dem befruchtenden Vorbilde Corliss entwickelten sich eine Reihe anderer für Ventilsteuerung umgeänderter Untersysteme, die häufig zwangsläufig, d. i. ohne Einklinkungen von Federn, aber doch stets vom Stand des Regulators abhängig und innerhalb der vorgesteckten Grenzen trotz größerer schädlichen Räume ( $\sim 7\%$ ) hochbefriedigend wirken.

Corliss- wie Ventilsteuerung passt aber nur für Maschinen, welche weder höhere Tourenzahlen noch die allergrößte Gleichmäßigkeit der Geschwindigkeit bei wechselnder Last zu gewähren haben. Denn der Regulator ist, wenn er einmal ausgeklinkt oder sonst den Schluss der Ventile gestattet hat, während des weiteren Verlaufes des Hubes gänzlich ohne Einfluss auf die Maschine. Erst beim nächsten Hube kommt er wieder in Verband mit ihr, und kann daher nicht kontinuierlich, sondern nur absatzweise und nachhinkend regulieren.

Für Füllungen über  $\sim 40\%$  sind ferner zwei einfache Excenter oder anderweitige Zugaben an Steuerungsorganen nöthig; denn ein einziges, normal gekeiltes Excenter zieht von diesem Punkte an alles Gestänge in die Gegenrichtung früherer Bewegung. Was also bis dahin die auslösende Lage nicht erreichte, erreicht sie auch später nicht mehr. Bei zwei Excentern kann aber eines für die Einstromung bis zu beliebiger Füllungslänge vorgreifen, während das zweite für die Ausstromung dient.

Verdrehbare Excenter. Steuerungen, welche die Füllung durch Verdrehen der Excenter ändern, gibt es schon lange.

Die Einstellung durch die Hand ist hiefür gänzlich aufgegeben, da Zweischiebersteuerungen dafür geeigneter und besser sind. Letztere belassen nämlich die Voreinstromung und alle Ausstromungsverhältnisse gänzlich unberührt von der Expansionseinstellung, während sich durch die Verdrehung des Excenters Alles gleichzeitig ändert.

Für Einstellung durch den Regulator ist aber heute das System vielseitig benützt. Der Regulator läuft dabei meistens im Kreise mit, und besteht aus Schwungmassen, welche durch die Fliehkraft nach außen streben, dabei aber Federn spannen, die sie zurückführen wollen. Jeder Geschwindigkeit entspricht eine andere Gleichgewichtslage, und da das lose auf der Achse sitzende Excenter durch die Arme der Schwungmassen gehalten wird, ergibt sich eine einfache, allseitig balancirbare Construction mit den wenigsten Zwischengliedern. Selbstverständlich ist hier Alles symmetrisch anzuordnen und höchstens eine Federseite etwas zu überspannen, um todten Gang und das Schlottern zu verwehren.

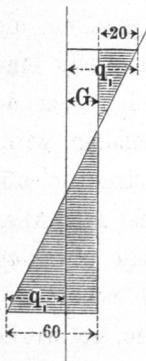
Würde man nur das Excenter einfach verdrehen, so würde sich das lineare Voreilen stets ändern, zu klein (oder selbst negativ) bei großen, und zu groß bei kleinen Füllungen sein. Um ganz oder nahezu gleiche Voreröffnung der Canäle bei den verschied-

denen Excenterlagen zu erhalten, muss sich die Excentricität mit-ändern und groß für große Füllungen werden. Dies geschieht am einfachsten dadurch, dass das Drehexcenter sich nicht directe auf seine kreisrunde Welle, sondern auf ein auf diese festgekeiltes Grundexcenter stützt, also im Zeuner'schen Schieber-Diagramm eine senkrechte Gerade als Centrallinie entsteht\*).

Mit diesen Steuerungen, die sowohl für einfache und entlastete (Kolben-) Schieber, als auch für Corliss-Schieber passt, ist wohl der Nachtheil verbunden, dass sie bei fast gleichbleibenden linearen Voreilungen mit der Veränderung der Expansion auch Veränderung der Compression mit sich bringen. Mit späterem Schluss der Einströmung wird auch die Ausströmung später geschlossen. Bei großen schädlichen Räumen und hoher Füllung kann daher nur eine zu schwache Compression eintreten, während bei kleinen schädlichen Räumen und kleinen Füllungen eine zu hohe Compression vorkommen muss.

\*) Auf der elektrischen Ausstellung 1891 in Frankfurt a. M. zeigte eine stehende Maschine mit 220 Umdrehungen von J. S. Friß Sohn,

Fig. 65



Frankfurt, eine derartige Steuerung, bei welcher der Regulator das Zwischenexcenter verdrehte und damit den gegitterten Deckschieber einer Zweischiebersteuerung beherrschte. Der Kraft für die Massenbeschleunigung des Deckschiebers von  $q_1 = 40$  Kil. und des Eigengewichtes desselben von  $G = 20$  Kil. ward durch eine am Gelenkkopf der Deckschieberstange angreifende Spiralfeder Bedacht genommen, welche in ihrer höchsten Lage mit 20 Kilogr. abwärts zog und bei der tiefsten Lage mit 60 Kilogr. nach oben drückte. Derart konnte das vom Regulator gehaltene Excenter frei von den Massendrücken und dem Gewichte des Schiebers, also fast nur mit der geringen Schieberreibung allein und constant belastet, wirken. Wie für den Dampfkolben der Anfangsdruck und die Compression, so birgt hier die Feder die Massenbeschleunigungsarbeit des Schiebers. (Fig. 65.)

Die rotirenden Gewichte drückten dabei directe, d. i. ohne Hebelübersetzung auf die radial stehenden Federn, wodurch die sonst schwer schmierbaren und sich leicht verreibenden Hebelzapfen (auf deren Druckseite auch zur Zeit der Ruhe der Druck herrscht) entfallen.

Die ganzen Bestandtheile dieser Steuerung sind während des Betriebes der Beobachtung und Wartung fast völlig entzogen. Starke und ungleiche Abnützungen werden sich daher bei schwankendem Gang der Maschine leicht einstellen, wodurch die Steuerung mehr für den unterbrochenen Dienst, z. B. einer elektrischen Beleuchtung, als für den Dauerbetrieb einer Fabrik passt.

Eine andere Erscheinung bei dieser zwangsläufigen Steuerung kann je nach dem Standpunkte als Vortheil oder Nachtheil bezeichnet werden. Dies ist die andauernde Verbindung der Schieber mit dem Regulator. Verlangsamt sich die Geschwindigkeit der Maschine zur Zeit nach begonnener Expansion, so kann der Regulator eine Nachfüllung bewirken, und beschleunigt sie sich zur Zeit der Einströmung, so öffnen sich die Canäle nicht voll.

Ja jedes Wogen des federnden Regulators kommt in den Diagrammen zum Ausdruck. Letztere werden daher oftmals zweihügelige oder bergförmige Einströmlinien und mit dem einen Dampfverlust in den entfallenden Flächen aufweisen. Durch kräftige Gewichte und Federn, gegen deren Energie die Schieberwiderstände verschwinden, und durch gute Oelbremsen, welche in den rotirenden Scheiben mit unterzubringen sind, lässt sich wohl ein unbegründetes Schwanken der Regulatorstellungen vermeiden, unter welchen insbesondere die ersten derartigen Constructionen litten. Aber gänzlich vermieden sollen solche Nachfüllungen gar nicht werden, wo es sich um die größte Gleichförmigkeit des Ganges handelt. Hier soll der Regulator jederzeit und sofort in die herrschenden Dampfdrücke greifen können, und drosseln während der Füllung, und nachfüllen, wenn auch die Expansion schon weit vorgeschritten ist.

Dadurch steigt aber der relative Dampfverbrauch und wird abhängig von der Art, dem Gleichverbleib oder dem Wechsel des Widerstandes, den die Maschine zu bewältigen hat.

Der höchste Gleichgang ist nicht mit der höchsten Sparsamkeit an Dampf gleichzeitig erreichbar, und je nachdem das eine oder das andere Ziel angestrebt wird, erscheint der andauernde Zusammenhang des Regulators mit den Schiebern als Vor- oder Nachtheil.

Eine Aenderung der Normalgeschwindigkeit während des Ganges der Maschine, was bei den Gewichtspendel-Regulatoren durch Aenderung einer centralen Belastung leicht möglich ist, ist hier bei der rotirenden Construction mit unverhältnissmäßigen Schwierigkeiten verbunden.

Schluss. Eine Steuerung, welche alle wünschenswerthen Eigenschaften vereinigt, einfach ist und völlig entlastet wirkt, kleinste schädliche Räume hat, alle Füllungsgrade bei gleichbleibendem innerem und äußerem Voreilen und gleichbleibender Compression ergibt, während des Ganges auf beliebige Geschwindigkeit einstellbar ist, welche dann vom Rückdruck-freien Regulator empfindlich aber Dampf sparend festgehalten wird, gibt es noch nicht.

Am ehesten wäre der Wunsch nach allen Füllungsgraden und dann die Einstellung auf beliebige Geschwindigkeiten während des Ganges, in gewisse Grenzen zu bescheiden. Die höchste Empfindlichkeit der Regulirung bei gleichzeitig größter Sparsamkeit mit dem Dampfe sind aber unvereinbare Wünsche.

