

**Zeitschrift:** Schweizerische Polytechnische Zeitschrift  
**Band:** 1 (1856)  
**Heft:** 3

**Rubrik:** Maschinenkunde und mechanische Technologie

#### Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

#### Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

#### Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 05.02.2026

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

## Maschinenkunde und mechanische Technologie.

Ueber die Locomotivensteuerung mittelst der Stephenson'schen Coulisse.

Von Dr. Gustav Zeuner,  
Professor am schweiz. Polytechnikum.

Taf. 9.

Die Stephenson'sche Coulisse, von welcher aus die Bewegung des Dampfschiebers bei Locomotiven erfolgt, ist bekanntlich ein so ausgezeichnetes Mittel zum Vor- und Rückwärtssteuern der Maschinen und zur Regulirung des Dampfeintrittes, dass sie jetzt beinahe an allen Dampfmaschinen in Anwendung ist, bei denen ein Vor- und Rückwärtsgehen nach Belieben stattfinden, sowie eine variable Expansion des Dampfes erreicht werden soll.

In Folge der überaus häufigen Anwendung der Coulisse sollte man nun meinen, dass die Art und Weise der Dampfvertheilung, sowie der Einfluss der einzelnen Theile des Apparates, wie Grösse der Excentricität, Länge der Coulisse und der Excentrikstangen, des Winkels des Voreilens, der äussern und innern Schieberdeckung, auf die Dampfvertheilung allgemein erkannt sei, und doch ist dies nicht der Fall. Hat es doch schon für Manchen Schwierigkeiten, sich über die Art und Weise der Dampfvertheilung und über den Einfluss der einzelnen Theile der Vorrichtung Rechenschaft abzulegen, wenn die Schieberbewegung nur durch ein einziges Excentrik stattfindet. Schon bei dieser einfachen Vorrichtung muss man bei Vorträgen zu besondern Hilfsmitteln seine Zuflucht nehmen, d. h. entweder durch Modelle oder durch Construction sogenannter Schiebercurven die Wirkungsweise der Schiebersteuerung deutlich machen.

In weit höherm Grade gilt aber das Gesagte in Betreff der Coulissensteuerung. Die Bewegungsverhältnisse eines Schiebers, der durch die Coulisse geführt wird, erscheinen ausserordentlich verwickelt, und wer die hierher gehörigen Rechnungen, wie sie erst in den letzten Jahren, also nachdem die Coulissensteuerungen lange schon in Anwendung waren, von Philipps, Weisbach, Zech und Redtenbacher gezeigt worden sind, nicht gehörig studirt hat, ist sicher nicht im Stande, sich ein vollständig klares Bild von der durch eine Stephenson'sche Coulisse bewirkten Dampfvertheilung zu verschaffen, ja es ist selbst für den Kenner schwierig, aus den complicirten Formeln der genannten Schriftsteller, den Einfluss der einzelnen Theile

des Apparates auf die Schieberbewegung und die Dampfvertheilung herauszulesen. Im praktischen Leben hilft man sich durch Herstellung von Modellen oder durch weitläufige Constructionen, indem man für verschiedene Kurbelstellungen die Stellung der Coulisse und des Schiebers bestimmt. Diese Verfahrungsweisen lassen nun zwar, wenn auch nach unnötigen Geldkosten, welche die Modelle verursachen oder nach zeitraubenden, langweiligen Constructionen, die Erscheinungen erkennen, wie sie bei einer vorhandenen Steuerung auftreten, sind aber, wie auf der Hand liegt, durchaus ungeeignet, einen tiefen Blick in die Sache zu gestatten und vorzüglich den Einfluss eines jeden einzelnen Theiles des Apparates zu erkennen und darnach die Vortheile oder Nachtheile gewisser Annahmen zu beurtheilen.

Der Verfasser hat nun sowohl für die einfache Schiebersteuerung mit einem Excentrik, als für die verschiedenen Anordnungen der Coulissensteuerungen die Relationen zwischen Schieberweg und Kolbenstellungen ebenfalls entwickelt und daraus ein äusserst einfaches Verfahren abgeleitet, um mittelst Construction, nur mit Hülfe einiger Kreise, alle Fragen zu beantworten, die nur irgend in Betreff der genannten Steuerungen gestellt werden können. Da sich das Verfahren vorzüglich auch dazu eignet, für gewisse Bedingungen hinsichtlich der Dampfvertheilung die Dimensionen der einzelnen Theile einer Steuerung schnell und sicher zu bestimmen, ferner die Vortheile und Nachtheile gewisser Annahmen ohne Weiteres aus der einfachen Figur herauszulesen, so wird das Verfahren besonders für die Praxis von Vortheil sein.

Der Verfasser hat die mathematische Begründung des Verfahrens und die Art der Anwendung desselben zur Vergleichung der Wirkungsweise der verschiedenen Coulissenanordnungen im Civilingenieur Bd. II, S. 202 veröffentlicht und verweist in Betreff der Entwicklung der Grundgleichungen auf jene Abhandlung. Das Folgende bildet nur zum kleinen Theil einen Auszug aus jenem Aufsatze, indem hier die Absicht vorherrscht, die Methode in mehr elementarer Form und durch practische Beispiele erläutert vorzuführen, besonders aber, was in jenem Aufsatze nicht geschehen ist, möglichst genau die Art der Dampfvertheilung bei der ältern Coulissenanordnung, bei der die Coulisse gehoben und gesenkt werden kann und die Schubstange in der Richtung der Schieberbewegung liegend er-

halten wird, zu untersuchen. Auf die neuere Anordnung, bei welcher die Coulisse festhängt und der Leitblock am Ende der Schubstange in der Coulisse auf- und abgeschoben werden kann, wie sie zuerst von Gooch und dann auch von Engerth an der Sömmerringlocomotive angewendet worden ist, soll hier aber abgesehen werden, weil diese Anordnung Bedingungen voraussetzt, die an gewöhnlichen Locomotiven selten erfüllt werden können; auf eine wichtige Eigenthümlichkeit dieser Anordnung soll aber unten gelegentlich aufmerksam gemacht werden.

Bei den folgenden Untersuchungen unterscheiden wir drei Fälle, indem wir neben der Coulissensteuerung zugleich die einfache Steuerung mit einem Excentrik mit in Betracht ziehen.

Die Bewegung des Schiebers erfolge also:

1. mit Hilfe eines Excentriks (Fig. 1),
2. mit Hilfe der Stephenson'schen Coulisse mit offenen Excentrikstangen (Fig. 2),
3. mit Hilfe der Stephenson'schen Coulisse mit gekreuzten Excentrikstangen (Fig. 3).

Wir schicken der Untersuchung der Coulissensteuerung die der einfachen Steuerung mit einem Excentrik voraus, weil sich die Untersuchung der letztern nach dem neuen Verfahren besonders einfach gestaltet, und die Grundlage für die Betrachtung der Coulissensteuerungen bildet.

Denkt man sich in  $O$  (Fig. 1) die Axe der Welle, auf welcher das Excentrik und der Krummzapfen sitzt, und nimmt man der Einfachheit wegen an, die Richtung der Schieberstange  $BB_1$  gehe durch den Wellenmittelpunkt  $O$ , so lässt sich die Beziehung zwischen Schieberweg und Kurbelstellung durch eine einfache Gleichung ausdrücken. Es sei  $OD = OD_0 = r$  die Excentricität und  $OR$  der Krummzapfen, der um den Winkel  $ROH = 90 + \delta$  von dem Halbmesser der Excentricität abweicht, wenn man mit  $\delta$  den Winkel des Voreilens bezeichnet.

Beim Beginne des Kolbenhubes liegt der Krummzapfen in der Richtung  $OH$ , die Warze befindet sich also in dem einen todten Punkte. Denkt man sich jetzt, der Krummzapfen habe sich um den Winkel  $HOR = \omega$  gedreht, so wird der Schieber nach rechts gerückt sein und zwar wird das Schiebermittel um eine gewisse Grösse  $BX = \xi$  aus seiner mittleren Stellung abstehen, wenn  $X$  die Lage des Schiebermittels bei der mittleren Stellung andeutet. Nimmt man eine sehr lange Schubstange an, so bestimmt sich, wie in jedem Werke über Maschinenlehre angegeben ist, der Weg  $\xi$ , für die Praxis vollkommen genau genug, nach der Formel:

$$\xi = r \sin(\delta + \omega),$$

oder wie wir schreiben wollen:

$$\xi = r \sin \delta \cos \omega + r \cos \delta \sin \omega.$$

Kennt man die Excentricität  $r$  und den Winkel  $\delta$  des Voreilens, so lässt sich hiernach für jeden beliebigen Drehungswinkel  $\omega$  durch Rechnung der Werth  $\xi$  bestimmen, d. h. um wie viel der Schieber aus seiner mittleren Stellung nach rechts oder links gerückt erscheint, je nachdem  $\xi$  positiv oder negativ ausfällt. So ist bisher verfahren worden; durch Construction ist die Sache aber weit einfacher, und es ist eigenthümlich, dass man das so nahe

Liegende bisher auf so weiten Umwegen suchte, wie besonders die Construction der sogenannten Schiebercurven beweist.

Obige Gleichung für den Schieberweg ist nämlich ganz einfach die Polargleichung zweier sich berührender gleicher Kreise, deren Pol im Berührungs punkte liegt. Denken wir uns zwei auf einander rechtwinklig stehende Axen  $OX$  und  $OY$  (Fig. 4), ziehen durch  $O$  eine Linie  $P_0Q_0$ , die mit der Verticalen  $OY$  den Winkel  $P_0OY = \delta$  (Winkel des Voreilens) einschliesst, macht man ferner  $OP^0 = OQ_0 = r =$  der Excentricität und halbiert beide, so geben die beiden aus  $C$  und  $C_1$  beschriebenen Kreise über die ganze Schieberbewegung Aufschluss. Zieht man eine beliebige Sehne  $OP$  und nennt man den Winkel  $POX = \omega$ , so folgt  $\angle P_0OP = 90 - (\delta + \omega)$  und weil  $OP_0 = r$  angenommen wurde  $\angle P_0PO = R$  ist,

$$OP = r \cos(90 - (\delta + \omega)) = r \sin(\delta + \omega)$$

$$= r \sin \delta \cos \omega + r \cos \delta \sin \omega,$$

d. h. genau derselbe Werth, den wir oben für den Schieberweg angegeben haben. Denken wir uns daher beim Beginne des Kolbenhubes den Krummzapfen  $OR_0$  in der Richtung  $OX$  liegend und dann um den Winkel  $R_0OR = \omega$  gedreht, so ist der innerhalb des Kreises liegende Theil  $OP$  der Krummzapfenrichtung  $OR$  ohne Weiteres der Schieberweg  $\xi$ , d. h. die Grösse, um wie viel bei der betreffenden Kurbelstellung der Schieber aus seiner mittleren Stellung gerückt ist. Für den Drehungswinkel  $XOQ = 180 + \omega$  giebt die Formel für  $\xi$  denselben aber einen negativen Werth; das zeigt auch die Figur, denn dann schneidet die Kurbelrichtung den zweiten aus  $C_1$  beschriebenen Kreis in der Art, dass  $OQ = OP$  ist; der obere Kreis gilt daher für die Ausweichungen des Schiebers nach rechts, der untere für die Ausweichungen nach links. Für beide Ausweichungen gilt dasselbe, so dass wir meist nur den oberen Kreis zu beachten haben. Ehe in den Betrachtungen weiter fortgeschritten wird, mag erst erwähnt werden, dass die einfache Figur Alles in wahrer Grösse zeigt und unter der Voraussetzung gilt, dass die Excentricität  $r = 0,050\text{ m}$  und der Winkel des Voreilens  $YOP_0 = \delta = 30^\circ$  betrage. Will man daher wissen, um wie viel der Schieber bei der betreffenden Kurbelstellung von seiner mittleren Stellung nach rechts absteht, so hat man mittelst des Metermaßstabes die Grösse  $OP$  zu messen. Steht der Krummzapfen im todten Punkte, nimmt er also die Lage  $OR_0$  ein, so steht der Schieber um  $OP_1$ , von der Mitte seines Laufes ab; für vorliegenden Fall beträgt die Grösse  $OP_1 = 0,025\text{ m}$ , wie man sich durch Nachmessen überzeugen kann.

Hat sich der Krummzapfen so weit gedreht, dass der Abschnitt oder die Sehne  $OP$  gleich dem Durchmesser wird, so ist der Schieber am weitesten von dem Hubmittel entfernt; man sieht ohne Weiteres aus der Figur, dass dies der Fall ist, wenn die Kurbel in die Richtung  $OP_0$  gelangt ist, also um den Winkel  $P_0OX = 90 - \delta$  vom todten Punkte absteht. Fällt man auf die Linie  $P_0Q_0$  im Punkte  $O$  ein Perpendikel  $OR_1$ , so schneidet dieses den Kreis nicht, oder der Abschnitt  $OP$  wird = Null sein, d. h. der Schieber ist gerade in der Mitte seines Hubes, wenn der Krummzapfen die Richtung  $OR_1$  einnimmt, d. h.

wenn er um den Winkel  $R_1 OR_0 = \delta$  vor dem todten Punkte steht. Denkt man sich den Krummzapfen von  $OR_1$  aus in der Richtung des Pfeiles gedreht, so lässt sich aus der Figur ohne Weiteres erkennen, dass die Sehnen von  $O$  aus, die die Schieberwege darstellen, sehr schnell wachsen; während sie nur wenig variieren, wenn die Kurbel in der Nähe von  $OP_0$  sich bewegt. In der Mitte seines Hubes bewegt sich also der Dampfschieber sehr schnell, während seine Bewegung bei seiner grössten Ausweichung sehr langsam stattfindet. Diese längst bekannte Thatsache ist sehr wichtig und von grossem Einflusse auf die ganze Art der Dampfvertheilung. Die Figur lässt auch noch deutlich den Einfluss des Winkels des Voreilens und der Grösse der Excentricität auf die gewissen Stellungen entsprechenden Schieberwege erkennen; worauf hier aber nicht weiter eingegangen werden mag. Der Kreis, welcher nach dem Vorstehenden auf so einfache Weise Aufschluss über die ganze Schieberbewegung giebt, spielt in dem Folgenden durchgängig eine sehr wichtige Rolle; weswegen wir ihm den Namen Schieberkreis beilegen, um ihn unter den andern noch vorkommenden Kreisen leicht hervorheben zu können.

Bei praktischen Untersuchungen über die Dampfvertheilung fragt man nun aber seltener nach der Grösse des Schieberweges, sondern nach der Art und Weise der Dampfvertheilung für gewisse Kurbelstellungen. Diese Fragen beantworten sich nach dem Vorstehenden nun mit grösster Leichtigkeit.

In Figur 5 ist der Schieber in seiner mittlern Stellung gezeichnet, die äussere Deckung sei  $= e$ , die innere  $= i$ , wobei  $O, O$  die beiden Dampfkanäle und  $O_1$  den Kanal bezeichnet, der den austretenden Dampf in die freie Luft oder nach dem Condensator führt.

Hat sich der Schieber um den Weg  $\xi$  nach rechts bewegt (Fig. 6), und ist die dadurch erlangte Eröffnung des Dampfeintrittskanals  $= a_1$ , so gilt, wie sich aus der Figur erkennen lässt, die Relation

$$\xi = e + a_1,$$

oder die Eröffnung des Kanals beträgt

$$a_1 = \xi - e,$$

wenn die äussere Deckung  $e$  bekannt ist. Gleichzeitig hat aber der Schieber den zweiten Kanal um die Grösse  $a_2$  für den austretenden Dampf geöffnet und es gilt hier, wie ebenfalls die Figur zeigt, die Relation

$$\xi = i + a_2, \text{ oder}$$

die Eröffnung des Dampfaustrittskanals für diesen Moment

$$a_2 = \xi - i.$$

Kennt man also für eine gewisse Kurbelstellung den Schieberweg  $\xi$ , so hat man nur die äussere Deckung  $e$  zu subtrahiren, um die Eröffnung des Dampfeintrittskanals oder die innere Deckung  $i$  zu subtrahiren, um die Eröffnung des Dampfaustrittskanals zu erhalten. Es seien in Fig. 9  $OX$  und  $OY$  wieder die beiden Achsen und der aus  $C$  mit dem Radius  $CO = \frac{r}{2}$  beschriebene Kreis sei unser Schieberkreis, so ergab sich nach Obigem für die Kurbelstellung  $OR_1$  der zugehörige Schieberweg  $= OP$ .

Beschreibt man nun von  $O$  aus mit dem Radius  $OV =$

$e$  = der äussern Schieberdeckung den Kreis  $V_1 VV_2$ ., ferner ebenfalls von  $O$  aus mit dem Radius  $OW = i$  = der innern Deckung den Kreis  $W_1 WW_2$ , so ersieht man sofort, dass

$$VP = OP - OV = \xi - e = a_1 \text{ die Eröffnung des Kanals für den Dampfeintritt und}$$

$$WP = OP - OW = \xi - i = a_2 \text{ die Eröffnung des Kanals für den Dampfaustritt,}$$

für die betreffende Kurbelstellung  $OR_1$  darstellt. Da die Figur in natürlicher Grösse gezeichnet ist und zwar unter der Voraussetzung, dass die Excentricität  $r = 0,06^m$  ( $OP_0$ ) die äussere Deckung  $OV = e = 0,024^m$  die innere Deckung  $OW = i = 0,007^m$ , und der Winkel des Voreilens  $OP_0 = \delta = 30^\circ$  betrage, so kann man die Grösse  $OP$ ,  $PV$ ,  $PW$  sofort mittelst des Metermaßstabes der Figur entnehmen.

Steht der Krummzapfen im todten Punkte, also in der Richtung  $OR$ , so ist für den Beginn des Kolbenhubes, der Schieberweg  $= OP_1$  die Eröffnung für den Dampfeintritt  $= P_1 V_1$  die Eröffnung für den Dampfaustritt  $= P_1 W_1$ . Bekanntlich nennt man die Eröffnung des Dampfeintrittskanals beim Beginn des Kolbenhubs also  $V_1 P_1$  das lineare Voreilen, das äussere Voreilen oder das Voreilen auf der Dampfseite. Hingegen die Grösse, um die der zweite Kanal für den Dampfaustritt beim Beginn des Kolbenhubs schon geöffnet ist, also  $W_1 P_1$ , das innere Voreilen, oder das Voreilen auf der Luftseite.

Für unsern speziellen Fall ist, wie man sich durch Nachmessen überzeugen kann, das äussere Voreilen  $V_1 P_1 = 0,006^m$ , das innere Voreilen  $W_1 P_1 = 0,023^m$  sofort gefunden. Die grösste Eröffnung der Dampfkanäle findet statt, wenn der Schieber am weitesten aus seiner mittlern Stellung gerückt ist, d. h. wenn der Krummzapfen in der Richtung  $OP_0$  steht, dann ist also die grösste Eröffnung des Dampfeintrittskanals  $P_0 V_5 (0,036^m)$  und die grösste Eröffnung für den Dampfaustritt  $P_0 W_5 (0,053^m)$ . Welche Veränderungen vor sich gehen, wenn man einzelne Elemente z. B.  $\delta$ ,  $r$  oder  $e$  und  $i$  ändert, lässt sich zu leicht aus der Figur herauslesen, als das hier weiter darauf eingegangen werden sollte. Wichtig für die Praxis sind aber besonders folgende Untersuchungen, über die Stellung des Krummzapfens und Dampfskolbens beim Beginn und beim Ende des Dampfeintrittes und Dampfaustrittes.

Die Stellung des Krummzapfens beim Beginn und beim Ende des Dampfeintrittes findet sich, wenn man beachtet, dass in diesem Augenblicke der Schieber die Stellung einnimmt, wie sie Fig. 7 andeutet, also der Schieber gerade um seine äussere Deckung aus der mittlern Stellung gerückt ist, also  $\xi = e$  ist. In Fig. 9 schneidet nun der Schieberkreis den mit der äusseren Deckung beschriebenen Kreis in  $V_3$  und  $V_4$ , verbindet man diese Punkte mit  $O$  durch gerade Linien und verlängert diese bis an den Warzenkreis, d. h. den Kreis, den man von  $O$  aus mit dem Kurbelradius beschrieben hat, so geben die Linien  $OR_3$  und  $OR_4$  die Kurbelstellungen an, bei welchen die eine äussere Schieberkante den Dampfeintrittskanal eben öffnet oder eben schliesst, weil ja für diese Stellung  $OV_3 = OV_4 = \xi = e$  ist. Steht also die Kurbel in  $OR_3$  so beginnt eben der Dampfeintritt, dieselbe befindet sich also um den Win-

kel  $R_3OR$  vor dem todten Punkte wenn der Dampfeintritt auf der Gegenseite schon beginnt.

$OR_4$  ist die Stellung des Krummzapfens beim Ende des Dampfeintrittes; der Winkel  $R_3OR_4$  giebt also an, um welchen Bogen sich die Kurbel während des Dampfeintrittes dreht.

Die entsprechenden Kolbenstellungen finden sich nun leicht wenn man von  $R_3$  und  $R_4$  Perpendikel auf die Linie  $HK$  fällt, die parallel und gleich dem Warzenkreisdurchmesser ist, also den ganzen Kolbenhub repräsentirt. Auf diese Weise ergiebt sich in  $H_3$  die Stellung des Kolbens bei seiner Bewegung von links nach rechts, wenn der Dampfeintritt rechts schon beginnt. Ist die Warze über den todten Punkt  $R$  hinweg, so geht nun der Kolben von rechts nach links und zwar wird bis zur Stellung  $H_4$  Dampf eintreten. Verlängert man  $OR_3$  und  $OR_4$  rückwärts über  $O$  so ergeben sich für dieselbe Momente, d. h. Beginn und Ende des Dampfeintrittes die Kurbelstellungen bei der Bewegung von links nach rechts.

Beim Anfang und Ende des Dampfaustrittes für einen Schub stellt Fig. 8 die Schieberstellung dar, wobei die eine innere Schieberkante den einen Kanal eben öffnet oder eben schliesst. In diesem Falle ist der Schieber um den Weg  $\xi = i$  = der innern Deckung aus seiner mittlern Stellung gerückt. Aus Figur 9 ist nun ersichtlich, dass der Schieberkreis von dem mit der innern Deckung  $OW$  beschriebene Kreis in  $W_3$  und  $W_4$  geschnitten wird; verbindet man wieder diese Schnittpunkte mit  $O$  und verlängert die Verbindungslinie nach beiden Seiten bis an den Warzenkreis, so ergeben sich vier Kurbelstellungen, zwei davon geben die Stellung des Krummzapfens beim Beginn des Dampfaustrittes, die beiden andern für das Ende des Austrittes. So beginnt also bei  $OR_5$  links schon der Dampfaustritt (Bewegung von links nach rechts), wenn also die Kurbel noch um den Winkel  $R_5OR$  vor dem todten Punkte oder der Kolben um  $H_5K$  vor dem Ende des Hubes steht. Während der Krummzapfen den Winkel  $R_5OR_6$  oder der Kolben den Weg  $KH_6$  zurücklegt, findet Dampfaustritt statt, etc.

Das Verhältniss  $KH_4 : KH$  gibt unmittelbar das Expansionsverhältniss, denn bei  $H_4$  beginnt die Expansionswirkung des Dampfes. Das Verhältniss  $KH_6 : KH$  ist das Compressionsverhältniss, denn bei  $H_6$  beginnt links die Dampfcompression. Um die weitere Beschreibung der Figur 9 zu umgehen sind alle Vorgänge eingeschrieben, die Angaben ausserhalb des Warzenkreises, beziehen sich auf die Dampfvertheilung auf der rechten Seite, die Angaben innerhalb des Warzenkreises auf die Vertheilung auf der linken Seite des Dampfkolbens.

Alle Änderungen, die in der Dampfvertheilung stattfinden, wenn man einzelne Elemente wie  $e$ ,  $i$ ,  $\delta$  oder  $r$  ändert, lassen sich so leicht bei genauer Betrachtung der Figur 9 erkennen, dass wir hier nicht weiter darauf eingehen. Soviel möchte noch bemerkt werden, dass die gewissen Warzenstellungen entsprechenden Kolbenstellungen bei praktischen Untersuchungen wegen des Einflusses der Länge der Kurbelstange anders bestimmt werden müssen, als wir es wegen Mangel an Raum auf der Tafel thun konnten. Statt also von den Punkten  $R_3$ ,  $R_4$ ,  $R_6$ , etc. Perpen-

dikel auf die Richtung  $HK$  zu fallen und so  $H_3$ ,  $H_4$  zu bestimmen, nehme man die Länge der Kurbelstange in den Zirkel, setze in den Punkten  $R_3$   $R_4$ , etc. ein und schneide von jedem aus die Richtung  $OX_1$ ; die Schnittpunkte geben dann genau die Kolbenstellungen an.

In unserer Figur 9 giebt der innere Theil nach dem Obigen die Schieberwege und alles damit Zusammenhängende in natürlicher Grösse, hingegen erscheinen die Kolbenwege verjüngt nach einem Maßstabe, der ganz beliebig genommen werden kann.

Aus dem Vorstehenden geht zur Genige hervor, wie für einen bestimmten Fall, also wenn die innere und äussere Deckung  $i$  und  $e$ , der Winkel des Voreilens  $\delta$  und die Excentricität  $r$  bekannt ist, die Fragen in Hinsicht der Dampfvertheilung ohne alle Rechnung und merkwürdiger Weise nur aus den Durchschnitten dreier leicht zu bestimmender Kreise beantwortet werden können. Es lassen sich aber auch alle andern Aufgaben leicht lösen. Hier mag nur die folgende Platz finden.

**Aufgabe.** Es soll bei einer einfachen Schiebersteuerung die Excentricität  $r = 0,056^m$  und der Winkel des Voreilens  $30^\circ$  betragen. Der Dampfeintritt soll stattfinden, während der Kolben 0,8 seines Hubes zurücklegt und der Dampfaustritt soll beginnen wenn der Kolben noch 0,05 seines Hubes zurückzulegen hat. Es ist zu bestimmen die innere und äussere Deckung, das innere und äussere Voreilen, die grösste Eröffnung der Dampfsäume, etc.

**Auflösung.** Man zeichne die beiden senkrecht auf einander stehenden Axen  $OX$  und  $OY$  Fig. 10; trage an  $OY$  den Winkel  $YOP_0 = \delta = 30^\circ$  und mache  $OP_0 = r = 0,056$ ; halbiere  $OP_0$  in  $C$  und beschreibe aus  $C$  mit  $OC = CP_0$  den Schieberkreis. Ferner beschreibe man von  $O$  aus nach einem beliebigen Maßstab den Kreis  $R_4RR_0$ , der den Warzenkreis vorstellt. Wir haben  $RR_0 = 0,100^m$  gemacht. Denken wir uns jetzt die Drehung des Krummzapfens in der Richtung des Pfeiles stattfindend und den Kolben von links nach rechts gehend, so soll links der Dampfaustritt beginnen, wenn der Kolben noch um den Weg 0,05 vom Ende seines Hubes, also in der Figur um  $0,05 \times 0,100 = 0,005^m$  absteht. Machen wir daher  $RH_5 = 5^m$ , errichten das Perpendikel  $H_5R_5$  bis zum Durchschnitt  $R_5$  mit dem Warzenkreise und ziehen  $OR_5$  so ist dies bekanntlich die Stellung des Krummzapfens vor dem todten Punkte, wenn der Dampfaustritt beginnt. Die Richtung  $OR_5$  schneidet den Schieberkreis in  $W_3$  und  $OW_3$  ist nun sofort die gesuchte innere Deckung.

Während nun der Kolben von rechts nach links geht, soll der Dampfeintritt aufhören, wenn er 0,8 seines Hubes zurückgelegt hat. Macht demnach  $RH_4 = 0,8$ .  $RR_0 = 0,8 \times 0,1 = 0,08^m$ , errichtet das Perpendikel  $H_4R_4$  und zieht  $OR_4$ , so gibt letztere Linie die Stellung des Krummzapfens beim Ende des Dampfeintritts oder beim Beginn der Expansionswirkung; die Richtung  $OR_4$  schneidet den Schieberkreis in  $V_4$ , so dass  $OV_4$  sofort die gesuchte äussere Deckung  $e$  ist. Beschreiben wir von  $O$  aus mit der innern Deckung  $OW_3 = i$  und der äussern Deckung  $OV_4 = e$  Kreise, so ist nun die ganze Aufgabe gelöst, denn man hat mit einem

Male alle verlangten Grössen: es ist nämlich, wenn wir zugleich die Abmessungen aus der Figur 10 beifügen:

Aeussere Deckung . . . . .	$OV_4 = 0,020^m$ .
Innere Deckung . . . . .	$OW_3 = 0,005^m$ .
Aeusseres Voreilen . . . . .	$P_1V_1 = 0,0065^m$ .
Inneres Voreilen . . . . .	$P_1W_1 = 0,028^m$ .
Grösste Eröffnung des Eintrittskanales	$P_0V_5 = 0,034^m$ .
Grösste Eröffnung des Austrittskanales	$P_0W_5 = 0,051^m$ .

Zugleich lassen sich aber auch, nach dem bei Betrachtung des Fig. 9 Erwähnten, alle weitern Fragen in Betreff der Dampfvertheilung und Kolbenstellungen beantworten, was wir hier nicht wiederholen wollen.

Wir sind auf die Bewegung eines Dampfschiebers mit einem Excentrik ausführlich eingegangen, weil mit der Kenntniss des Vorstehenden die Untersuchung der Coulissensteuerungen nun höchst einfach erscheinen wird. Zuvor sei aber noch bemerkt, dass die Benutzung von Tabellen, die in vielen Werken über Maschinenbau zur Bestimmung der Deckungen und anderer Schieberverhältnisse für gegebene Expansionsverhältnisse berechnet worden sind, ganz unnöthig wird, und besonders die Darstellung der Dampfvertheilung durch Schieberkurven, bekanntlich Ellipsen, deren Construction eine Menge Zeit erfordert, durch obige Darstellung weit übertroffen wird, besonders des praktischen Nutzens wegen.

#### Stephenson'sche Coulisse.

Hier sind zwei Fälle zu unterscheiden, je nachdem die Excentrikstangen bei der in Fig. 2 und 3 angegebenen Lage des Krummzapfens  $OR$  offen (Fig. 2) oder gekreuzt (Fig. 3) sind. In beiden Figuren bedeuten  $OD$  und  $OD_1 = r$  die Excentricitäten der beiden nebeneinander sitzenden gleichen Excentriks,  $OR$  der Krummzapfen,  $CD$  und  $C_1D_1 = l$  die Excentrikstangen und  $CC_1$  die Coulisse, die bekanntlich nach einem Bogen gekrümmmt ist, dessen Radius gleich der Länge  $l$  der Excentrikstangen ist.  $BM$  ist die Schubstange, deren Richtung der Einfachheit wegen durch den Wellenmittelpunkt  $O$  gehen mag und die durch eine Leitung stets in derselben Richtung erhalten wird.  $C_1S$  ist die Hängestange, mittelst welcher man die Coulisse heben und senken kann, so dass irgend ein beliebiger Punkt  $M$  der Coulisse die Führung der Schubstange übernimmt, an deren Ende der Leitblock sitzt, der zwischen den Coulissenbacken gleitet. Der in der Mitte der Coulisse liegende Punkt  $J$  ist der todte Punkt derselben. Ist die Coulisse  $CC_1$  so weit herabgelassen, dass der Punkt  $M$  (Fig. 2) den Schieber führt, so geht die Maschine vorwärts; da hierbei das Excentrik  $OD$  vorzüglich auf die Schieberbewegung von Einfluss ist, so nennt man dies das Vorwärtsexcentrik; ist die Coulisse so weit gehoben, dass ein Punkt unterhalb des todten Punktes  $J$  die Führung übernimmt, so geht die Maschine rückwärts, weil dann das Rückwärtsexcentrik  $CD^1$  vorzüglich die Führung bewerkstelligt. Wir bezeichnen die halbe Länge  $CJ = C_1J$  der Coulisse mit  $c$ , also die ganze Coulissenlänge mit  $2c$ ; ferner nehmen wir an, die Coulisse sei so weit herabgelassen, dass der Punkt  $M$ , der die Schieberstange führt, um  $JM = u$  vom todten Punkte abstehe. In der Praxis theilt man die Länge  $JC$  und  $JC_1$  in eine ge-

wisse Anzahl gleiche Theile (in 6 bis 10), numerirt dieselben vom todten Punkte aus nach aussen, und sagt: die Coulisse steht am 1., 2., 3... Expansionsgrade. In unserer Figur sind 4 Expansionsgrade für den Vorwärts- und 4 für den Rückwärtsgang angenommen, und die Coulisse ist so weit gesenkt, dass eben der 2. Grad die Schieberbewegung leitet. In dieser Stellung wird nun die Coulisse durch die Hängestange  $SC_1$  so erhalten, dass sie annähernd immer in gleicher Höhe bleibt, der Punkt  $M$  sich also in der Richtung  $OB$  hin- und herbewegt, wenn eine Drehung der Welle stattfindet. Hierbei ist aber die Coulisse fortwährend in einer schaukelnden Bewegung, und daher die Bewegung des Punktes  $M$  und hiernach des Schiebers selbst so ausserordentlich verwickelt, dass sie mathematisch genau mit Hülfe des Calculs kaum verfolgt werden kann. Man muss daher auf Näherungswegen den Schieberweg für gewisse Drehungswinkel des Krummzapfens zu bestimmen suchen, wie es von den im Eingange genannten Schriftstellern und vom Verfasser geschehen ist. Die Messungen von Philipp haben gezeigt, dass die Näherungsrechnungen vollständig befriedigend mit den Erfahrungen übereinstimmen. Sind die beiden Excentriks so auf die Welle gekeilt, dass ihre Excentricitäten mit der Krummzapfenrichtung die gleichen Winkel  $ROD = ROD_1 = 90 + \delta$  bilden, wobei also für beide  $\delta$  der Winkel des Voreilens ist, und steht der Krummzapfen um den Winkel  $ROH = \omega$  (Fig. 2 und 3) vom todten Punkte ab, so lässt sich der Schieberweg  $\xi$  oder die Grösse, um welche der Schieber aus seiner mittlern Stellung gerückt ist, unter Berücksichtigung der vorhin genannten Bezeichnungen ausdrücken durch die Gleichung

$$\xi = r (\sin \delta \pm \frac{c^2 - u^2}{cl} \cos \delta) \cos \omega \pm \frac{ur}{c} \cos \delta \sin \omega$$

wobei das obere Vorzeichen (+) für die Coulisse mit öffnen, das untere Vorzeichen (−) für die mit gekreuzten Excentrikstangen gilt.

In Betreff der Ableitung dieser Formel muss hier allerdings auf den Aufsatz vom Verfasser im Civilingenieur B. II. S. 202. verwiesen werden. Obige Formel stimmt übrigens auch mit den Untersuchungen von Zech (Zeitschrift des österreichischen Ingenieur-Vereins. 1855) überein, aber nicht mit den Untersuchungen von Redtenbacher (Resultate des Lokomotivbaues), der neuesten Arbeit über diesen Gegenstand, worauf wir unten zurückkommen.

Nehmen wir jetzt eine vorhandene Steuerung an, und denken uns, die Coulisse so weit gesenkt, dass der Punkt  $M$  in der Entfernung  $JM = u$  von  $J$  die Führung leitet, so sind  $r$ ,  $\delta$ ,  $c$ ,  $l$  und  $u$  constante Grössen, und dann lässt sich der Einfachheit wegen setzen:

$$r (\sin \delta \pm \frac{c^2 - u^2}{cl} \cos \delta) = A$$

$$\frac{ur}{c} \cos \delta = B$$

und daher ist der Schieberweg:

$$\xi = A \cos \omega \pm B \sin \omega,$$

wobei natürlich  $A$  verschieden ausfällt, je nach dem die Excentrikstangen offen oder gekreuzt sind,  $B$  ist aber in beiden Fällen gleich. Auf das negative Vorzeichen von

**B** sin  $\omega$  haben wir keine weitere Rücksicht zu nehmen, weil dies nur sagt, dass bei gekreuzten Stangen und gesenkter Coulisse die Drehung der Welle, entgegengesetzt der bei offenen Stangen und gesenkter Coulisse, stattfindet. Wir schreiben also allgemein:

$$\xi = A \cos \omega + B \sin \omega$$

wobei **A** und **B** nach obigen Formeln und Voraussetzungen berechnet wird.

Nehmen wir die Formel wieder zur Hand, die wir für die einfache Schiebersteuerung mit einem Excentrik angeben, nämlich:

$$\xi = r \sin \delta \cos \omega + r \cos \delta \sin \omega$$

so sind auch hier  $r \sin \delta$  und  $r \cos \delta$  für eine bestimmte vorhandene Steuerung konstante Größen, und setzen wir

$$r \sin \delta = A \quad \text{und} \quad r \cos \delta = B$$

so wird  $\xi = A \cos \omega + B \sin \omega$ ,

und diese Formel mit der für die Coulissensteuerung gegebenen verglichen, gibt das eigenthümliche Resultat, dass bei allen 3 Vorrichtungen das Gesetz der Schieberbewegung ein und dasselbe ist; nur die constanten Größen sind verschieden.

Wir fanden nun aber bei der einfachen Steuerung, dass vorstehende Gleichung die Polargleichung desjenigen Kreises ist, den wir den Schieberkreis nannten; hiernach folgt, dass auch bei den Coulissensteuerungen für einen bestimmten Expansionsgrad alle Vorkommnisse durch einen Schieberkreis erörtert werden können; der ganze Unterschied besteht einzig und allein darin, dass bei Coulissensteuerungen der Schieberkreis, der einem jeden einzelnen Expansionsgrade zukommt, eine andere Lage und einen andern Durchmesser hat, als bei der einfachen Steuerung.

Wir erinnern unter Bezugnahme auf Fig. 9, dass bei der einfachen Steuerung der Schieberkreis gefunden wurde, indem wir  $OP_0 = r$  = der Excentricität und den Winkel  $YPO_0 = \delta$  = dem Winkel des Voreilens machten; ferner  $OP_0$  in  $C$  halbierten, und aus  $C$  mit  $CO$  den Schieberkreis schlügen. Man hätte nun den Mittelpunkt  $C$  auch auf andere Weise bestimmen können. Fäßen wir nämlich vom Endpunkte  $P_0$  des Durchmessers das Perpendikel  $P_0P_1$  gegen  $OX$  und ebenso von  $C$  das Perpendikel  $CB$ , so ist bekanntlich  $OP_1P_0$  ein rechter Winkel, ferner  $OB = \frac{1}{2}OP_1$

und  $BC = \frac{1}{2}P_0P_1$ ; nun ist aber

$$OP_1 = OP_0 \sin YOP_0 = r \sin \delta$$

und  $P_0P_1 = OP_0 \cos YOP_0 = r \cos \delta$

daher  $OB = \frac{1}{2}r \sin \delta$

$$BC = \frac{1}{2}r \cos \delta$$

Oben setzten wir der Einfachheit wegen  $r \sin \delta = A$  und  $r \cos \delta = B$ , daher folgt endlich

$$OB = \frac{1}{2}A$$

und  $BC = \frac{1}{2}B$

Wir können daher den Mittelpunkt  $C$  des Schieberkreises bei der einfachen Steuerung auch bestimmen, indem wir

den Werth  $OB = \frac{1}{2}A = \frac{1}{2}r \sin \delta$  berechnen und von  $O$  aus auf  $OX$  auftragen und das Perpendikel  $BC = \frac{1}{2}B = \frac{1}{2}r \cos \delta$  machen.

Bei der einfachen Schiebersteuerung ist das erstere Verfahren einfacher, weil es keine Rechnungen erfordert, bei der Coulissensteuerung muss man aber die Coordinaten **OB** und **BC** des einem gewissen Expansionsgrade entsprechenden Schieberkreises berechnen und zwar hat man hier nur die Werthe **A** und **B** durch die oben bei den Coulissensteuerungen gegebenen Werthe **A** und **B** auszudrücken, so dass also für einen bestimmten Grad **u** die Coordinaten des Mittelpunktes **C** nach den Formeln

$$OB = \frac{1}{2}A = \frac{1}{2}r(\sin \delta \pm \frac{c^2 - u^2}{cl} \cos \delta)$$

und  $BC = \frac{1}{2}B = \frac{1}{2}\frac{ru}{c} \cos \delta$  zu berechnen sind.

Die Bestimmung der Coordinaten **CB** und **BC** erfordert also eine kleine Rechnung, die aber nur darin besteht, die gegebenen Größen in die beiden Formeln, auf deren Herleitung man gar keine weitere Rücksicht zu nehmen braucht, einzusetzen; alle andern Bestimmungen aber geschehen dann ohne weitere Rechnung genau, wie bei der einfachen Steuerung.

Es wird zweckmässig sein, das Verfahren sogleich durch ein Beispiel zu erläutern.

**Aufgabe.** Bei einer Coulissensteuerung mit gekreuzten Excentrikstangen ist die Excentricität beider Excentriks  $r = 0,06^m$ ; der Winkel des Voreilens  $\delta = 30^\circ$ ; die Länge der Excentrikstangen  $l = 1,400^m$ ; die halbe Länge der Coulisse  $c = 0,0150^m$ ; die äussere Deckung  $e = 0,020$ ; die innere Deckung  $i = 0,006^m$ .

Die Coulisse besitzt 8 Expansionsgrade für den Vorwärtsgang und 8 für den Rückwärtsgang. Die Coulisse ist bis an den 5. Grad gesenkt, wie gross ist für diesen Grad das äussere und innere Voreilen; die grösste Eröffnung der Dampfkanäle; und wie ist überhaupt die ganze Dampfvertheilung beschaffen?

**Auflösung.** Zuvörderst ist der Mittelpunkt des Schieberkreises durch seine Coordinaten zu bestimmen, und zwar ist für gekreuzte Stangen nach obigen Formeln:

$$OB = \frac{1}{2}r(\sin \delta - \frac{c^2 - u^2}{cl} \cos \delta)$$

$$BC = \frac{1}{2}\frac{ru}{c} \cos \delta$$

In diesen Gleichungen ist  $r$ ,  $\delta$ ,  $c$  und  $l$  nach Obigem gegeben und der Werth **u** bestimmt sich durch folgende Betrachtung: da die halbe Länge  $c = 0,150$  in 8 Theile getheilt ist, so beträgt jeder Theil  $\frac{1}{8}c$ , und da der Leitblock

beim 5. Expansionsgrad stehen soll, so ist  $u = \frac{5}{8}c = \frac{5}{8} \times 0,150$ ; setzt man nun diesen und die andern gegebenen Werthe in die Gleichungen, so folgt nach einer leichten Rechnung:  $OB = 0,0133^m$  und  $BC = 0,0162^m$ .

Man zeichne nun wieder (Fig. 11) die beiden Axen  $OX$  und  $OY$ , mache  $OB = 0,0133^m$  und das Perpendikel  $BC = 0,0162^m$ , so ist  $C$  der Mittelpunkt unsres Schieberkreises, den wir mit  $CO$  beschreiben. Schlagen wir von  $O$  aus

auch noch mit der gegebenen äussern Deckung  $OV_1 = e = 0,020^m$  einen Kreis und ebenso von  $O$  aus mit der inneren Deckung  $OW_1 = i = 0,006^m$ , so giebt nun die einfache Figur über alle Verhältnisse nach dem nun Bekannten Aufschluss. Es ist bei dieser Coulisse für den 5. Expansionsgrad:

das äussere Voreilen  $V_1P_1 = 0,006^m$

das innere Voreilen  $W_1P_1 = 0,020^m$

der grösste Schieberweg  $OP_0 = 0,0415^m$

die grösste Eröffnung für den Dampfeintritt  $P_0V_5 = 0,0215^m$

die grösste Eröffnung für den Dampfaustritt  $P_0W_5 = 0,035^m$ .

Wie man ferner aus den Durchschnitten der 3 Kreise alle Fragen in Betreff der Hauptkurbel- und Hauptkolbenstellungen für den gegebenen Expansionsgrad aus der Figur ableitet, ist bei Betrachtung von Fig. 9 schon vollständig erörtert worden.

Um nun noch auf einige Eigenthümlichkeiten der Coulissensteuerung aufmerksam zu machen, soll noch folgendes Beispiel Platz finden.

Aufgabe. Bei einer Coulissensteuerung mit offenen Excentrikstangen beträgt die Excentricität beider Excentriks  $r = 0,060^m$ , der Winkel des Voreilens  $\delta = 30^\circ$ , Länge der Excentrikstangen  $l = 1,400^m$ , halbe Länge der Coulisse  $0,150^m$ . Die Coulisse besitzt 4 Expansionsgrade für den Vorwärtsgang und 4 für den Rückwärtsgang, die äussere Deckung ist  $e = 0,024^m$ , die innere Deckung ist  $i = 0,007^m$ .

Es sind für alle Expansionsgrade sowohl, als für den todten Punkt alle nur irgend vorkommenden Fragen zu beantworten.

Nach der vorhergehenden Aufgabe hat man hier zuerst für die 4 Expansionsgrade die Schieberkreise zu bestimmen und zwar berechnen sich die Coordinaten der Mittelpunkte derselben für offene Excentrikstangen nach Früherm nach den Formeln:

$$OB = \frac{1}{2} r \left( \sin \delta + \frac{c^2 - u^2}{cl} \cos \delta \right) \text{ und}$$

$$BC = \frac{1}{2} \frac{ru}{c} \cos \delta$$

Für den vierten Expansionsgrad ist  $u = c$  (Fig. 2) und dann ist nach vorstehenden Formeln

$$OB = \frac{1}{2} r \sin \delta \text{ und } BC = \frac{1}{2} r \cos \delta$$

d. h. die Schieberbewegung geschieht genau so, als wäre die Coulisse gar nicht vorhanden und wirkte nur das Vorwärtsexcentrik auf den Schieber; denn die erhaltenen Coordinaten sind dieselben, wie wir sie bei der einfachen Schiebersteuerung fanden.

In Figur 12 finden wir also den Mittelpunkt  $C_4$  des Schieberkreises für den 4. Expansionsgrad, wenn wir

$$OB_4 = \frac{1}{2} r \sin \delta = \frac{1}{2} \cdot 0,06 \cdot \sin 30^\circ = 0,015^m \text{ und}$$

$$B_4C_4 = \frac{1}{2} r \cos \delta = \frac{1}{2} \cdot 0,06 \cdot \cos 30^\circ = 0,026^m \text{ auftragen,}$$

oder auch, indem wir  $\angle YOC_4 = 30^\circ$  und  $OC_4 = \frac{1}{2} r = 0,03$  machen. Der zugehörige Schieberkreis ist mit IV bezeichnet.

Für den 3. Expansionsgrad ist  $u = \frac{3}{4} c$  und diesen Werth, so wie die übrigen bekannten Werthe in obige Gleichungen gesetzt, giebt die Coordinaten des Schieberkreismittelpunktes  $C_3$ :

$$OB_3 = 0,0162^m \text{ und } B_3C_4 = 0,0195^m$$

Für den zweiten Expansionsgrad ist  $u = \frac{2}{4} c$ , daher sind die Coordinaten des Schieberkreismittelpunktes  $C_2$ :

$$OB_2 = 0,0171^m \text{ und } B_2C_2 = 0,013^m$$

Für den ersten Grad ist  $u = \frac{1}{4} c$ , daher sind die betreffenden Coordinaten nach den Formeln

$$OB_1 = 0,0176^m \text{ und } B_1C_1 = 0,0065^m$$

Für den todten Punkt endlich ist  $u = o$ , also:

$$OB_0 = \frac{1}{2} r \left( \sin \delta + \frac{c \cos \delta}{l} \right) = 0,0178^m \text{ und } B_0C_0 = 0$$

d. h. der Mittelpunkt des Schieberkreises für den todten Punkt liegt in  $B_0$  oder in der Axe  $OX$  selbst. Aus den gefundenen Mittelpunkten  $B_0, C_1, C_2, C_3, C_4$  sind nun mit den Radien  $B_0O, C_1O, C_2O, C_3O, C_4O$  die Schieberkreise gezeichnet, und in der Figur für die betreffenden Expansionsgrade mit 0, I, II, III, IV bezeichnet worden. Zieht man nun von  $O$  aus mit dem Radius  $OV_1 = e = 0,024^m$  = der äussern Deckung einen Kreis, und ebenso mit der inneren Deckung  $OW_1 = i = 0,007$ , so beantworten sich nun durch die Figur alle möglichen Fragen mit merkwürdiger Leichtigkeit.

Es befindet sich zuerst der Krummzapfen im todten Punkte, also in der Lage  $OR$  und werde nun in der Richtung des Pfeiles um einen beliebigen Winkel  $ROP_4 = \omega$  gedreht, so folgt nach den bekannten Sätzen folgende Zusammenstellung: (Fig. 12)

	Todter Punkt.	Expansionsgrad			
		1.	2.	3.	4.
Schieberweg . .	$OP_0$	$OP_1$	$OP_2$	$OP_3$	$OP_4$
Eröffnung des Dampf-eintrittskanales .	$VP_0$	$VP_1$	$VP_2$	$VP_3$	$VP_4$
Eröffnung des Dampf-austrittskanales .	$WP_0$	$WP_1$	$WP_2$	$WP_3$	$WP_4$

Man erhält also die verlangten Grössen für alle Expansionsgrade auf einmal, und zwar alle in natürlicher Grösse. Aus der Figur lassen sich aber auch nach dem Vorgetragenen noch die folgenden Grössen bestimmen, bei denen wir jedesmal die der Figur entnommenen Abmessungen für vorliegenden speziellen Fall beifügen: weil die Figur alle die Schieberbewegung betreffenden Werthe in natürlicher Grösse giebt.

Tabelle I.

Todter Punkt.	Nummer des Expansionsgrades				
	1.	2.	3.	4.	
Aeußeres Voreilen . . . . .	$V_1 p_0 = 0,0115$	$V_1 p_1 = 0,0110$	$V_1 p_2 = 0,0100$	$V_1 p_3 = 0,0085$	$V_1 p_4 = 0,0055$
Innernes Voreilen . . . . .	$W_1 p_0 = 0,0285$	$W_1 p_1 = 0,0280$	$W_1 p_2 = 0,0270$	$W_1 p_3 = 0,0255$	$W_1 p_4 = 0,0220$
Grösster Schieberweg . . . . .	$O p_0 = 0,0355$	$O c_1 = 0,0375$	$O c_2 = 0,0430$	$O c_3 = 0,0510$	$O c_4 = 0,0595$
Grösste Eröffnung des Eintrittskanales . .	$V_1 p_0 = 0,0115$	$b_1 c_1 = 0,0135$	$b_2 c_2 = 0,0190$	$b_3 c_3 = 0,0270$	$b_4 c_4 = 0,0355$
Grösste Eröffnung des Austrittskanales . .	$W_0 p_0$	$a_1 c_1$	$a_2 c_2$	$a_3 c_3$	$a_4 c_4$

In der letzten Reihe sind die Abmessungen nicht angegeben, weil diese gewöhnlich grösser als die Canalbreite und daher von keinem weitern Interesse sind.

Wer je in dem Fall gewesen ist, sei es durch Rechnung oder durch Construction nur eine einzige der in der Tabelle gegebenen Grössen zu bestimmen, wird die grossen Vortheile unserer Methode zugeben.

Aber auch über die Hauptkurbelstellungen für jeden Expansionsgrad gibt die Figur Aufschluss, wenn man die Durchschnitte eines jeden Schieberkreises mit den Deckungskreisen aufsucht und so verfährt, wie wir es bei der einfachen Steuerung in Fig. 9 auseinander setzten. Auf diese Weise ist der obere Theil der Figur entstanden. Die verticalen Striche geben für alle Expansionsgrade die Hauptkolbenstellungen. Der Kolben gehe von rechts nach links, so hört bei  $a$  der Dampfeintritt rechts auf, es beginnt die Expansionswirkung, bei  $b$  hört der Dampfaustritt links auf, es beginnt die Compressionswirkung; bei  $c$  beginnt rechts schon der Dampfaustritt und bei  $d$  links schon der Dampfeintritt. Man sieht aus der Figur ohne Weiteres, dass die Compression und der Dampfaustritt, sowie der Dampfeintritt auf der Gegenseite um so früher beginnt, je stärker man expandirt, d. h. je näher der Leitblock dem todten Punkte der Coulisse liegt. Hieraus ist ersichtlich, dass die Coulisse als Expansionsvorrichtung ganz unzweckmässig ist, was auch längst bekannt ist. Die schlechteste Dampfvertheilung findet im todten Punkte statt, denn hier beginnt die Compression schon, ehe der Kolben sich im halben Hub befindet, und kurz nachher beginnt auch schon rechts der Dampfaustritt, wenn überhaupt die Maschine in Bewegung ist. Der tote Punkt der Coulisse bewirkt also eine so unzweckmässige Dampfvertheilung, dass er nicht im Stande ist, eine Bewegung der Maschine zu erzeugen. Weitere Eigenthümlichkeiten des todten Punktes lassen sich leicht aus der Figur erkennen, wenn man seinen Schieberkreis  $O$  verfolgt.

Aus dem oberen Theile der Figur 12 lässt sich auch noch für jeden Expansionsgrad das Expansions- und Compressionsverhältniss bestimmen. Nehmen wir an die Kolbenstellungen  $a$ ,  $b$ , etc. seien in früher angegebener Weise mit Rücksicht auf die Länge der Kurbelstange bestimmt worden, also nicht, wie wir es wegen Mangel an Raum auf der Tafel gethan haben, indem Perpendikel von den Hauptwarzenstellungen gegen  $HK$  gefällt wurden, so bestimmen sich die verlangten Verhältnisse sehr leicht. Bei  $a$  hört der Dampfeintritt auf, daher ist  $Ha : HK$  das Expansionsverhältniss; bei  $b$  beginnt die Dampfcompression, weil

hier der Dampfaustritt links aufhört, daher ist  $Hb : HK$  das Compressionsverhältniss. In der Figur ist der Kolbenhub  $HK = 1$  Decimeter, daher geben die Grössen  $Ha$  und  $Hb$  in Decimeter ausgedrückt, ohne Weiteres die verlangten Verhältnisse; die Abmessungen aus der Figur geben für vorliegenden speziellen Fall

Tabelle 2.

	Nummer des Expansionsgrades.			
	1.	2.	3.	4.
Expansionsverhältniss:	0,335	0,535	0,690	0,800
Compressionsverhältniss:	0,580	0,730	0,845	0,905

Unter Berücksichtigung der Kurbelstangenlänge fallen diese Verhältnisse für den Hin- und Rückgang des Kolbens etwas verschieden aus.

Die Grössen  $V_1 p_4$ ,  $V_1 p_3$  etc. geben nach dem Obigen das Voreilen für den 4., 3. etc. Expansionsgrad; man erkennt nun, sowol aus obiger Tabelle I, als auch aus der Figur 12, dass das Voreilen wächst, je stärker man expandirt. Diese Eigenschaft, welche nur der Stephenson'schen Coulisse mit offnen Excentrikstangen (Fig. 2) zukommt, ist auch durch die Erfahrung bestätigt und ist ein grosser Nachtheil dieser Anordnung. Im vorliegenden Falle ist das äussere Voreilen beim 2. Grade ( $V_1 p_2$ , Fig. 12) schon doppelt so gross wie das des 4. Grades ( $V_1 p_4$ ). Das Voreilen für den todten Punkt ist am grössten ( $V_1 p_0$ ) und zwar zeigt dieses zugleich die grösste Eröffnung für den Dampfeintritt an (Tab. I).

Setzt man in vorstehender Aufgabe gekreuzte Excentrikstangen voraus, so fallen die Schieberkreismittelpunkte für die untern Expansionsgrade in derselben Reihenfolge auf die linke Seite der Ordinate  $B_4 C_4$ , wie Fig. 13 zeigt, die unter Voraussetzung derselben Dimensionen gezeichnet worden ist, und bei welcher die Coordinaten der Schieberkreismittelpunkte nach den Formeln:

$$OB = \frac{1}{2} r (\sin \delta - \frac{c^2 - u^2}{cl} \cos \delta)$$

$$BC = \frac{1}{2} \frac{ru}{c} \cos \delta \quad \text{berechnet wurden.}$$

Die Anordnung hat, wie man sofort aus Fig. 13 erkennt, den entgegengesetzten Fehler, das Voreilen (inneres wie äusseres) nimmt ab, je stärker man expandirt; in Fig. 13. ist für den

4. Grad das Voreilen  $V_1 p_4 = 0,0055$   
 3. " " "  $V_1 p_3 = 0,0025$   
 2. " " "  $V_1 p_4 = 0,001$   
 1. " " "  $V_1 p_1 = 0$

Todter Punkt = - 0,0005

d. h. beim todten Punkte findet hier gar keine Eröffnung der Canäle mehr statt. Diese Abnahme des Voreilens kann so gross werden, dass bald gar kein äusseres Voreilen mehr stattfindet (wie diess in Figur 13 beim 1. Grade der Fall ist), wenn die äussere Deckung  $OV_1$  zu gross genommen wurde. Am besten wäre die Vorrichtung, wenn das Voreilen constant wäre, d. h. wenn alle Schieberkreise die Axe  $OX$  rechts von  $O$  in demselben Punkte schneiden würden. Das würde der Fall sein, wenn man eine Anordnung erfände, bei der die Schieberkreismittelpunkte  $C_4 C_3 C_2 C_1$  alle in dieselbe Verticale  $B_4 C_4$  zu liegen kämen. Dies ist nun aber bei der neuern Anordnung von Gooch der Fall, wie es der Verfasser a. a. O. nachgewiesen hat. Da aber die Coulissenanordnung von Gooch voraussetzt, dass die Triebwelle wenigstens doppelt so weit vom Schiebermittel entfernt liegt, als bei der gewöhnlichen Coulissenanordnung, so wird wohl die letztere bei Locomotiven nicht verdrängt werden. Da man aber bei derselben eher eine Abnahme des Voreilens, als eine bedeutende Zunahme desselben wünschen muss, so sind gekreuzte Excentrikstangen besser als offene. Bei liegenden stationären Maschinen, wie sie beim Bergbau vorzüglich in Anwendung kommen, sollte man aber immer die gewöhnliche Coulissensteuerung durch die Gooch'sche Anordnung ersetzen.

Dass bei der gewöhnlichen Coulissensteuerung das Voreilen variabel ist, hat in dem Gliede  $\frac{c^2 - u^2}{cl} \cos \delta$  in der Formel  $\xi = r (\sin \delta \pm \frac{c^2 - u^2}{cl} \cos \delta) \cos \omega \pm \frac{ru}{c} \cos \delta \sin \omega$  für den Schieberweg seinen Grund. Herr Redtenbacher lässt das Glied ganz weg; und wenn man dann dessen Formel genau untersucht, ergiebt sich auch für die gewöhnliche Stephenson'sche Coulisse ein constantes Voreilen, was doch in den gewöhnlichen Fällen nicht entfernt der Fall ist. Vielmehr muss man bei practischen Untersuchungen auf das Glied besonders Rücksicht nehmen, weil sonst leicht die äussere Deckung ganz unzweckmässig für die innern Expansionsgrade gewählt werden könnte; und weil, wie Fig. 12 und 13 deutlich zeigt, das Voreilen besonders für die äussern Expansionsgrade stark veränderlich ist.

Wie man aus gegebenen Bedingungen hinsichtlich der Dampfvertheilung auch bei der Coulissensteuerung einzelne Dimensionen bestimmen kann, soll hier nicht weiter untersucht werden, da nach dem Vorstehenden die Sache keine Schwierigkeiten mehr hat. Die Länge  $l$  der Excentrikstangen ist nur stets möglichst gross und die Coulissenlänge klein anzunehmen; beide Dimensionen sind gewöhnlich durch die ganze Anordnung der Maschine ziemlich bestimmt gegeben.

Geschieht die Bewegung der Schieberstange nicht direct von der Coulisse aus, sondern durch einen zwischenliegenden Hebel, wie dies schon bei der Coulisse mit gekreuzten Excentrikstangen in Fig. 3 der Fall sein muss, so

bleibt die ganze Untersuchung dieselbe, man hat nur alle auf die Schieberbewegung bezüglichen Dimensionen mit dem Hebelarmverhältniss zu multipliciren oder man zeichnet sogleich die ganze Figur, welche die Schieberbewegung darstellt, im Verhältniss der Hebelarme grösser oder kleiner.

### Technische Notizen.

Vorrichtung zum genauen Schneiden langer Gewinde. — In einem längern Aufsatze in den »Mittheilungen des hannov. Gewerbe-Vereins« erinnert Mechaniker C. Landsberg an die Schwierigkeiten, welche sich der Herstellung genauer und langer Schrauben entgegen setzen und gibt zugleich ein Mittel an, welches diese Uebelstände heben und Schrauben von seltener Genauigkeit liefern soll. Diese Schraubenschneidevorrichtung ist zwar nicht durchaus neu, weicht aber doch in manchen Punkten von den bekannten Einrichtungen ab und lässt sich auf sehr einfache Weise herstellen; darin liegt auch der Vorzug, den dieser Apparat vor manchen grössern und kostspieligen Maschinen hat, die bei vollkommener Construktion allerdings auch gute Schrauben liefern, aber nur von grössern Werkstätten angeschafft werden können.

Wo es sich um die Anfertigung langer Schrauben handelt, kann natürlich von Schneiden derselben mittelst Schraubstühlen auf Patronendrehbänken oder mittelst der Schneideisen keine Rede sein. Beim Schneiden mit Hülfe der Schneidkluppe sind namentlich die Erwärmung der in einander eingreifenden Theile, sowie der Umstand, dass die Backen vorzugsweise gegen das Ende der Arbeit mehr quetschend und drückend arbeiten, als eigentlich schneiden, — Hindernisse gegen die Anfertigung von genauen Schraubengewinden, die um so mehr hervortreten, je länger und dicker eine Schraubenspindel ist.

Ein günstigeres Resultat geben unstreitig die Schneidekluppen mit mehr als zwei Backen, welche dazu noch weit rascher arbeiten. Je mehr sich die Gänge der Backen in die Gänge der Schraubenspindel einlegen, desto mehr hört das scharfe Schneiden der erstern auf und entsteht ein Drücken, Quetschen, woraus einerseits eine sehr schnelle Erwärmung; andererseits ein unzeitiges Strecken resultirt. Durch die Erwärmung wird eine Verlängerung der Schraubenspindel bewirkt; auf eine gewisse, vorher gemessene Länge würden nun mehr Gänge kommen, dadurch wird ein einseitiges Anliegen der Backen hervorgerufen, welches den schon gebildeten Schraubengang abändert, unrichtig macht. Diese Uebelstände, welche bei kurzen Schrauben nicht augenfällig werden, sind schon hinreichend, lange Schrauben zu verderben, daher es auch fast unmöglich wird, durch alleinige Anwendung gewöhnlicher Backen ein gutes Gewinde zu liefern. Der einzige richtige Weg, den man hier einschlagen kann, ist wohl der, nur den Anfang des Gewindes mittelst Backen herzustellen, die eigentliche Ausarbeitung des Ganges einem einzigen (wenigstens bei einem einfachen Gewinde) scharfschneidigen Zahne zu überlassen.

Wir wollen nun die Art und Weise betrachten, wie man einen solchen einfachen Schneidzahn zweckmässig in einem Gestelle anbringen kann, um die Aufgabe möglichst vollkommen zu lösen. Fig. 3, 4, 5 und 6 machen die Vorrichtung sichtlich; gleiche Buchstaben bezeichnen überall gleiche Theile. Im Wesentlichen kann man die Vorrichtung als einen aus starkem Eisenblech gebildeten Kasten ansehen, welcher die Führungsbacken des Schraubengewindes, so wie andererseits den in einer Schlittenvorrichtung verschiebbaren Schneidzahn, der wieder selbst verstellbar ist, enthält. In Fig. 4 ist die Deckplatte *A* abgehoben und man sieht die innere Einrichtung; Fig. 5 zeigt einen Durchschnitt nach *XX<sup>1</sup>* und Fig. 6 einen Durchschnitt nach *ZZ<sup>1</sup>*.

Mit dem Gestelle *p*, *p* sind die beiden Führungsbacken *B* und *B<sub>1</sub>* fest verbunden; gegen diese muss die zu schneidende Schraubenspindel fest angedrückt werden; diess geschieht hier für die in unseren Figuren schon fertig geschnittene Schraube *E* mittelst der Führungsbacken *C*, *C<sub>1</sub>*, gegen welche starke Spiralfedern einen entsprechenden Druck ausüben. Diese Backen *C*, *C<sub>1</sub>* sind nicht weiter befestigt und können zwischen der Grundplatte *p* und der Deckplatte *A* verschoben werden. Es ist klar, dass somit ein ganz exakter Eingriff stattfinden wird, vermöge dessen die ganze Vorrichtung bei Bewegung der Schraube sich dem Gewinde entlang schieben muss, sobald die ersten Anfänge der Schraubenlinie auf dem Zylinder *E* verzeichnet sind. Wir haben jetzt nur noch nötig, einen schneidenden Zahn einzulegen, dessen Stellung durch Druckschrauben zu reguliren ist und der während der Bewegung der Schraube im Gewindgange einschneidet. Dieser Schneidzahn ist *D*, in allen Figuren sichtbar; derselbe wird in die Kloben *a* und *a<sub>1</sub>* eingeschoben und durch die Druckschrauben *m*, *n*, *o* und *m<sub>1</sub>*, *n<sub>1</sub>*, *o<sub>1</sub>* befestigt, welche Schrauben zugleich dazu dienen, dessen Lage zu berichtigten. Beide Kloben stehen auf der Platte *F*, welche mit schwabenschwanzförmig zugefeilten Seitenflächen versehen ist und sich zwischen den Leisten *G* und *G<sub>1</sub>* in einer Richtung rechtwinklig auf die Axe der eingelegten Schraube verschiebt. Die Befestigung der Kloben, sowie die Einlegung der Platte *F*, zeigt namentlich die Fig. 6.

Das Weitere ergibt sich aus dem Zweck und der Gebrauchsart dieses Apparates von selbst. Gehen wir zu der Beschreibung derselben über, so ist einleuchtend, dass die Vorrichtung nicht dazu dienen kann und soll, die ersten Anfänge des Gewindes zu bilden. Genau hergestellte Backen desselben Gewindes, in eine der gewöhnlichen Kluppen eingelegt (wobei man jedoch auf die oben erwähnten Umstände Rücksicht nimmt), bilden bei sicherer Führung der Kluppe die ersten Anfänge des Gewindganges. Da der grösste Theil der zu erreichenen Genauigkeit von diesem ersten Anschneiden abhängt, so ist die höchste Sorgfalt darauf zu verwenden. Was die Vorbereitung betrifft, so ist wohl kaum zu erwähnen nötig, dass man die Schraubenspindel durch genaues vorsichtiges Abdrehen, am besten zwischen todtten Spitzen, gebildet haben, auch durch ferneres Abschleifen mittelst

Bleibacken alle Drehrisse entfernt haben wird, weil letztere, indem sie die Richtung des Schraubenganges unter sehr spitzem Winkel schneiden, bei ihrem Vorhandensein dem ersten Angriff der schneidenden Gewindbacken leicht eine falsche Ablenkung geben könnten. Ebenso wenig würde ich vielleicht nötig haben hervorzuheben, dass vor der letzten Behandlung die Schraubenspindel sorgfältig ausgeglüht und langsam abgekühlt werden muss, um die durch Richten oder Hämmern etwa erzeugte ungleiche Spannung aufzuheben. Durch Biegen oder Hämmern, namentlich im kalten Zustande (ich setze hier eine Stahlspindel voraus, doch gilt dasselbe zum Theil auch für Messing), entsteht auf der Oberfläche bis zu einer gewissen Tiefe eine grössere Dichtigkeit der Metalltheile, ein erhöhter Spannungsgrad; ein gewisser Spannungszustand sämmtlicher Theile bestimmt die hier angenommene genau gerade zylindrische Form unserer Schraubenspindel. Werden nun durch Einschneiden der Gänge Theile der Oberfläche abgenommen, so muss sich diese Form ändern, sobald vorher ein verschiedener Spannungszustand jener entfernten Theile statt fand. Wurden auf der einen Seite stärker expandirende Theile weggenommen als auf der andern, so ist das Gleichgewicht gestört, auf der einen Seite tritt ein Nachgeben, auf der andern ein Ausbiegen ein; die vorher gerade Schraubenspindel wird also krumm. Tritt eine solche Veränderung während des Gewindschneidens ein, so ist dem Uebel auf eine vollkommene Weise gar nicht mehr abzuhelfen; damit dasselbe nicht eintreten kann, ist es nothwendiges Erforderniss, für alle Theile einen gleichmässigen Spannungsgrad herbeizuführen, diess soll eben durch das erwähnte Ausglühen erreicht werden.

Bei dem Aufschneiden des Gewindes lässt man die Schraubenspindel auf der Drehbank, zwischen den Spitzen eingespannt, setzt die Schraubenkluppe auf, und nähert die Gewindbacken, welche möglichst im Schwerpunkt der Kluppe angebracht sind, durch gelindes Anziehen der Druckschrauben. Indem man nun die drehende Bewegung der Spindel überträgt, hat die Schraubenkluppe nur nötig, sich ohne drehende Bewegung längs der Schraubenspindel fortzuschieben. Die Umdrehung der Drehbank soll dabei langsam und vollkommen gleichmässig geschehen.

Bei dieser Anordnung und bei sorglicher Führung der Kluppe hat man nicht sehr zu fürchten, in den ersten Anfängen des Gewindes Fehler zu begehen, weil alle die Umstände, welche bei dem Schneiden des Gewindes mittelst der Kluppe die Gänge unrichtig machen, erst später auftreten würden. Erwähnt sei indess, dass die Führung der Kluppe erleichtert wird, wenn man die Schneidbacken breit macht, wenn man ihnen also viel Gänge gibt, weil alsdann ein unvorsichtiger seitlicher Druck gegen die Arme der Kluppe weit weniger auf eine veränderte Wirkung im Angriff der Backen hinarbeiten kann.

Wichtig ist es jedoch, gleich hier eine Prüfung der aufgeschnittenen Gänge anstellen zu können, um bei eingetretener Fehlerhaftigkeit sich die folgende Arbeit sparen, oder im andern Falle mit mehr Sicherheit fortarbeiten zu können. In dieser Beziehung verdient die folgende Methode Empfehlung. Man bringe an dem einen Arme der

Kluppe fest und möglichst genau rechtwinklig gegen die Richtung der einlagernden Schraubenspindel einen Planspiegel an und beobachte von einem festen Visirpunkte aus den Stand des Reflexbildes für ein in passender Entfernung angebrachtes Objekt. Kommt an keiner Stelle, während der fortschreitenden (nicht drehenden) Bewegung der Kluppe vom Anfang bis zu Ende des Gewindes, eine Veränderung der Stellung des Reflexbildes vor, so kann man sicher annehmen, dass das Gewinde bis jetzt fehlerfrei ist. Diese Beobachtung, bei guter Anordnung und steter Aufmerksamkeit, lässt auch den geringsten Fehler erkennen.

Bei dieser Prüfung ist vorausgesetzt, dass die Spindel von genau gleicher Stärke gearbeitet ist, die Backen also ganz gleichmässig angreifen, nicht etwa an einer Stelle schlottern, an einer andern mit grossem Widerstand arbeiten. Offenbar würde alsdann die Prüfung nicht ausführbar sein. Während die Kluppe ihren vollen Weg vom Anfang bis Ende der Spindel durchläuft, darf kein Nachstellen der Druckschraube der Backen statt haben.

Auf diese Weise kann man einige Mal den ganzen zur Schraube bestimmten Zylinder überschneiden, wobei sich Rillen von geringer Tiefe bilden werden; sodann entfernt man die Kluppe und überlässt die weitere Arbeit der oben beschriebenen Vorrichtung. Indem man die Zugschrauben **K** und **K<sub>1</sub>** in Fig. 3 und 4 anzieht, folgen die Führungsbacken **C** und **C<sub>1</sub>** dieser Bewegung und öffnen den Raum zur Einbringung der Schraubenspindel **E**. Ist letzteres bis auf eine genügende Tiefe geschehen, d. h. bis eine feste sichere Einlagerung der Spindel durch die Backen geschehen kann, so werden die Schrauben **K**, **K<sub>1</sub>** wieder gelöst, die Federn treten wieder in Wirksamkeit und pressen nunmehr die untern Backen **C**, **C<sub>1</sub>** fest gegen die Schraube **E** an; somit ist eine stabile Lage der ganzen Vorrichtung gegen die Schraubenspindel gesichert. Nunmehr wird der Schneidzahn **D** eingeführt und vorläufig durch die Druckschrauben **o** und **o<sub>1</sub>** befestigt. Der Stahl mit der ganzen Schlittenvorrichtung **F** wird der Schraube durch Druckschrauben **r**, **r<sub>1</sub>** genähert, bis sich die Schneide in einen Gang des Gewindes einzuschieben beginnt. Damit die Schneidschärfe sich genau in die Tiefe des Schraubenganges einlegt, ist eine seitliche Korrektion nötig; diese zu ermöglichen sind die Pressschrauben **m** und **n**, sowie **m<sub>1</sub>** und **n<sub>1</sub>** angebracht. Die untere Platte **p** des Gestelles ist an dieser Stelle durchbohrt, wie man aus dem in Fig. 4 angedeuteten Kreise sieht, um einerseits hier dem Lichte Eintritt zu gewähren, damit der richtige Angriff der Schneide, die genaue Einstellung, wohl beobachtet werden könne, so wie andererseits den Spänen einen Austritt zu gestatten. Der Schlitten **F** schiebt sich mit einiger Friktion zwischen den Leisten **G** und **G<sub>1</sub>**, um während des Schneidens des Zahnes kein seitliches Wanken des Schlittens eintreten zu lassen. Das Vorschieben desselben geschieht durch die Druckschrauben **r** und **r<sub>1</sub>**, doch nur bei gleichzeitigem Nachlassen der Zugschraube **L**. Der Zahn kann der Schraube unbedenklich so weit genähert werden, dass er einen scharfen, ziemlich starken Span während der Drehung der Schraube schneidet;

diess muss ohne weitere Nachstellung oder Unterbrechung der ganzen Länge der Schraube nach fortgesetzt werden. Eine merkliche Erwärmung der Schraube kann, weil die Bewegung nur langsam erfolgt, nicht vorkommen. Hat man somit ganz durchgeschnitten, so zieht man die Schlittenvorrichtung zurück, lässt den Apparat bis zu dem ersten Anfange zurücklaufen, um einen neuen Span zu nehmen; oder man kehrt die Schraube in ihrer Lage zu den Drehbankspitzen, sowie diese Schneidvorrichtung um, und nimmt einen Span, nun in entgegengesetzter Richtung vorgehend. Diess setzt man so lange fort, bis die Gänge eine genügende Tiefe erlangt haben; zwischendurch kann man indess die Kluppe mit ihren Backen einige Male aufsetzen und wiederholt überlaufen lassen, nicht um das Gewinde dadurch tiefer einzuschneiden, sondern die durch den schneidendem Zahn gebildeten Gänge etwas zu glätten.

Bei dieser Anbringung des Stahles in der Mitte der Vorrichtung ist es auf der Drehbank nicht möglich (wegen des Anstossens des Gestelles an die Drehbankspitzen) die Schraube bis zu Ende durch zu leiern, auch kann für die Endtheile, keine genaue Führung durch die Backen mehr gewährleistet werden. Damit nun diese Enden dennoch durch den Zahn geschnitten werden, nehme man alsdann die Spindel aus der Drehbank heraus, und leiere sie mittelst vorsichtiger Handbewegung vollends durch. Für diese Enden kann allerdings die Vollkommenheit der Schraube nicht in dem Grade wie für die andern Theile garantirt werden; allein diese anscheinende Unvollkommenheit unseres Apparates verliert alle Bedeutung, wenn man bedenkt, dass diese Enden doch immer nur benutzt werden zu Lagern, zu Anbringung von Bewegungskurbeln u. s. w., und im schlimmsten Falle könnte man die Schraube so viel länger machen als dieser fehlerhafte Theil betragen würde.

Es sind ähnliche Vorrichtungen angegeben worden, welche zwei Schneidzähne tragen, um von der einen oder der andern Seite kommend ein vollständiges Durchschneiden möglich zu machen; allein es erscheint unmöglich, die Schneidzähne so einzusetzen, dass der zweite den Gang genau so fortsetzt, wie ihn der erste anfing; diess Mittel dürfte ganz geeignet sein, sich von der höchsten Vollkommenheit, die man erreichen wollte, zu entfernen.

Bei dem Schneiden muss stets ein scharfes Eingreifen des Stahles stattfinden; ein Schaben und Anreiben des abgestumpften Stahles würde nur eine ungleichmässige Ausarbeitung der Gewindgänge zur Folge haben, der Stahl muss daher gut auf den Schnitt stehen und möglichst scharf erhalten werden. Außerdem muss die Schneide, wenigstens bei der letzten Bearbeitung, genau die Form haben, welche das Gewinde vorschreibt. Der Winkel, den die zusammenstossenden Flächen des Gewindes bilden, lässt sich leicht berechnen; unter demselben Winkel muss die Schneide des Zahnes angeschärf't werden; diess erreicht man mit der grössten Sicherheit vermöge des in Fig. 7 vorgestellten Apparates. Auf dem Schneidzahn **A** lässt sich die Platte **B** verschieben und mittelst einer Druckschraube beliebig feststellen; der Stahl **A** geht durch die Mitte von **B**, so dass also **ab = ac**. Macht man, dass

sich  $bc$  zu  $ad$  ebenso verhält, wie die Gangbreite zur Ganghöhe, so ist der Winkel an der Spitze  $bdc$  = dem Winkel des Gewindes. Man legt nun den Stahl so vorbereitet auf eine Planfläche, wo zugleich  $b$  und  $d$  oder  $c$  und  $d$  aufliegt, und erzeugt durch Schleifen auf dieser Fläche die genaue Zuschärfung bei  $d$ .

Die Führungsbacken  $B$ ,  $B_1$  sollen aus hartem Material hergestellt sein, damit sich die Schärfen der Gänge genau in die Gewindtiefe der Schraube einlegen, und auch während der Bewegung letzterer keine so schnelle Abnutzung erleiden. Denken wir uns, ein einmaliges Durchschneiden der Schraube bringe schon eine merkliche Abstumpfung der Backen  $B$ ,  $B_1$  hervor, so würde bei derselben Stellung der Schneide die Schraube durch die Backen  $C$ ,  $C_1$  oder deren Federn mehr nach hinten gedrängt; die Führung würde trotz dem wohl noch ebenso sicher sein, aber die Schrauhe hat sich von der Schneide entfernt, diese kann also nicht mehr so tief eingreifen, und in Folge davon werden die Gewindgänge im untern Theile der Schraube geringere Tiefe erhalten. Diess wird vermieden, wenn die Backen  $B$ ,  $B_1$  keiner so starken Abnutzung unterliegen, wofür man auch dadurch Sorge trägt, dass man Oel oder andere Schmiermittel an den Stellen der Friktion anwendet. Für die Backen  $C$ ,  $C_1$  schadet die Abnutzung nicht, da sie durch die Federn immer gleicher Weise gegen die Schraube angepresst werden; sie können daher von weichem Metall, Messing, Blei, selbst Holz sein. Um einen scharfen Eingriff der Backen  $B$  in die anfangs wenig tiefen Rillen der Schraube, um also gleich anfangs eine sichere und genaue Führung zu erreichen, kann man den Gängen im Backen eine Form geben, wie sie Fig. 8 vorstellt. Diese Form erhält man, indem man zuerst ein vollkommenes Muttergewinde in den Backen dadurch einschneidet, dass an die Stelle der Schraube der geriffelte Gewindbohrer gelegt und auf bekannte Weise eingeleiert wird; sodann mittelst eines Fräsrädcchens den Tiefgang des Muttergewindes im Backen wegnimmt, so dass nur die hohen Theile des Gewindes grathartig vorstehen bleiben. Diese Rippen legen sich genau in die eingeschnittenen Gewindfugen und bilden eine exakte Führung.

Ist das Gewinde genugsam ausgeschnitten, so kann noch ein Nachschleifen mit einer Schleifkluppe, die Backentheile von Messing oder Blei enthält, folgen, um die kleinen Unregelmässigkeiten und Rauhigkeiten, welche etwa durch Vibrieren des Schneidzahnes entstanden sein möchten, zu beseitigen; das Gewinde erhält dadurch ein glatteres, schöneres Aussehen.

Will man mit dieser Vorrichtung andere Gewinde schneiden, so ist weiter nichts erforderlich, als andere Führungsbacken einzulegen, und dem schneidendem Zahne eine dem neuen Gewinde entsprechende Zuschärfung zu geben.

Metallscheeren von Richmond zu Boston waren an der Pariser Ausstellung in verschiedenen Grössen und zu verschiedenen Zwecken zu sehen. Fig. 9 und 10 Taf. 10 zeigen eine solche Scheere zum Schneiden von Papier oder Pappe. Der schneidende Theil derselben

besteht aus der runden Stahlscheibe  $a$ , die an der horizontalen Spindel  $b$  befestigt ist und mit dieser zugleich sich umdreht. Die Spindel  $b$  steckt in einem Griff  $c$ , der nach oben die Scheere zum Theil umgibt. Dieser obere Theil  $d$  ist bei  $f$  durchbohrt und gleitet an einer Stange  $h$ , die von den zweien, an der Platte  $p$  befestigten Stützen  $k$  getragen wird. An der Platte  $p$  ist der zweite Theil der Scheere, die Stahlleiste  $m$ , befestigt. Um während des Verschiebens der Handhabe  $c$  und der mit ihr verbundenen Stahlscheibe  $a$  längs der Stange  $h$  eine Umdrehung der Stahlscheibe zu bewirken, ist mit letzterer eine Rolle  $r$  in Verbindung gebracht, um welche die gespannte Saite  $g$  geschlungen ist, deren beide Enden an den Stützen  $k$  festgemacht sind. Da die Peripherie der Rolle  $r$  kleiner ist, als diejenige der Schneide, so folgt, dass die Geschwindigkeit am Umfange der Scheibe  $a$  grösser ist als diejenige, mit welcher sich ihr Mittelpunkt fortwärts bewegt und somit die Bewegung der Scheibe längs der Leiste  $m$  keine streng rollende sein kann. In Folge dessen entsteht nicht ein blosses Abkneipen, sondern ein wirkliches Schneiden des auf die Platte  $p$  zurechtgelegten Papiers. Die runde Form der Leitstange  $h$  gewährt den Vortheil, dass sich die Scheibe  $a$  stets an die Kante des Lineals  $m$  anlegt. Der Durchmesser der Stahlscheibe  $a$  beträgt 8—9 Centimeter.

Bei der Scheere Fig. 11 und 12, welche zum Schneiden dünner Bleche bestimmt ist, hat man dasselbe Prinzip, jedoch auf etwas andere Weise, durchgeführt. Die Scheibe  $a$  von etwa 10 Centimeter Durchmesser dreht sich gleichfalls um eine Spindel  $b$ , die im Handgriffe  $c$  steckt, welcher mit dem die Scheibe umgebenden Gehäuse  $d$  ein Ganzes bildet. Statt einer Leitstange ist aber hier ein gusseiserner Steg  $h$  angebracht, an welchem das Gehäuse  $d$  sich verschieben lässt, und statt der Rolle dient das damit verbundene Rädchen  $r$  zur Umdrehung der Scheibe. Dieses wird durch das Getriebe  $p'$  in Bewegung gesetzt, mit welchem ein zweites  $p$  auf derselben Achse verbunden ist, das in den gezahnten Rand  $qq$  eingreift. Die Achse der Rädchen  $p$  und  $p'$  ist an dem Gehäuse  $d$  befestigt; durch Verschieben des letztern mittelst der Handhabe  $c$  werden die beiden Getriebe  $p$  und  $p'$  und durch dieses die Scheibe  $a$  in Umdrehung versetzt; die letztere erhält hiebei eine etwas grössere Umgangsgeschwindigkeit als diejenige, mit welcher das Gehäuse vorwärts schreitet. Spannt man ein Blechstück zwischen zwei Scheiben  $m$ , die mit dem Gehäuse durch einen Bügel in Verbindung stehen und um eine vertikale Achse drehbar sind (Fig. 11), so schneidet die Scheere runde Scheiben von dem Durchmesser  $ma$ .

Für starke Eisenbleche bis 18 Millimeter Dicke sind die einzelnen Bestandtheile der Maschine in grossen Dimensionen ausgeführt; der Mechanismus des Schneidapparates ist ziemlich complizirter und die Maschine erfordert schon eine nicht unbedeutende Triebkraft.

Die Steinsäge von Chevallier, Taf. 10 Fig. 13, besteht aus einem dünnen Stahldraht von 2 Millimeter Dicke, dessen beide Enden zusammengeschweisst sind,

so dass ein endloses Band entsteht, welches über drei Rollen *a*, *b* und *c* gezogen und durch die Rollen *f* und *g* gespannt wird. Die Scheibe *a* wird entweder von Hand oder durch einen Riemen gedreht. Der zu zerschneidende Gegenstand (Stein, Glas etc.) kommt auf den aus zwei Latten

bestehenden Tisch *d* bei *m* oder *n* aufzuliegen. Beim Schneiden leitet man feinen Quarzsand mit Wasser der Säge zu. Es versteht sich von selbst, dass man durch Drehen des Gegenstandes alle beliebigen Wendungen an dem Drahte verfolgen kann.

## Bau- und Ingenieurwesen.

### Schweizerische Eisenbahnen.

Nach unserm im ersten Hefte gegebenen Versprechen lassen wir auf Tafel 11 eine Uebersicht der bis jetzt im Betriebe und in der Ausführung begriffenen Linien des schweizerischen Eisenbahnnetzes folgen.

Im Betrieb sind gegenwärtig (1. Mai 1856) folgende Strecken:

#### I. Oestliche Bahnen.

*Nordostbahn.* Romanshorn-Zürich-Baden.

(Die kurze Strecke Oerlikon-Zürich, auf welcher der Dienst einstweilen noch durch Omnibus besorgt wird, soll demnächst eröffnet werden.)

*St. Gallisch-Appenzellische Bahn.* Winterthur-St. Gallen.

*Glattthalbahn.* Wallisellen-Uster (zum Betrieb bereit).

#### II. Mittelbahnen.

*Centralbahn.* Basel-Sissach.

(Olten-Luzern wird in kurzer Zeit in Betrieb gesetzt werden.)

#### III. Westliche Bahnen.

Morges-Lausanne-Yverdon.

### Schweizerische Nordostbahn.

#### Unterbau.

##### A. Hafen und Bahnhof zu Romanshorn.

Taf. 12—14.

##### 1. Allgemeine Disposition.

Der Bodensee bildet bei Romanshorn eine, für die Anlegung eines Hafens sehr günstige, nur auf der Nord- und Ostseite offene, auf der Süd- und Westseite von Land umgebene Bucht. In beträchtlicher Ausdehnung breitet hinter derselben flaches Hügelland und die Ebenen des Thurthales, einer der offensten Zugänge der Schweiz, sich aus.

Doch bis in die neueste Zeit war am schweizerischen Ufer des Bodensee's Rorschach der einzige Stapelplatz für den bedeutenden Handelsverkehr Italiens und der Schweiz mit dem benachbarten Deutschland, Romanshorn dagegen nur ein Fischerdorf geblieben.

In der Absicht, einen Theil jenes Verkehrs dem Kanton Thurgau zuzuwenden, liess vor wenigen Jahren die dortige Regierung, in Benutzung der bis dahin vernachlässigte

ten glücklichen Terrainsverhältnisse, in Romanshorn einen kleinen Hafen herstellen, und brachte es dahin, dass ein Postkurs zwischen Zürich und Romanshorn eingerichtet wurde.

Der Hafen wurde an der äussersten Ecke der Bucht durch einen ostwärts sich ziehenden Steindamm gebildet, gegenüber demselben ein für das Anlegen eines Dampfbootes knapp ausreichender Landungsquai, und diesem entlang ein Lagerhaus angelegt. Zwischen diesem und dem äussersten Ende des Dammes blieb eine für das Einlaufen der Schiffe hinreichend weite, gegen die Südseite der Bucht gerichtete, Einfahrt offen.

Gleichzeitig mit der Postverbindung Romanshorns mit Zürich trat ein täglich zweimaliger Dampfbootkurs zwischen Romanshorn und den bedeutenderen Bodenseehäfen ins Leben, und alsbald fing auch der Handel an, seinen Weg über Romanshorn zu nehmen, mehrere Speditionshäuser etablierten sich daselbst, der jugendliche Stapelplatz trieb seine ersten Blüthen. Doch die volle, vermöge ihrer geographischen und von der Natur begünstigten Lage ihnen zukommende Bedeutung sollten die Gestade Romanshorn erst durch die Eisenbahnverbindung mit Zürich erhalten.

Der vom Kanton Thurgau erstellte Hafen liess den grössern Theil der Romanshornerbucht unangetastet. Es blieb ein gerade noch hinreichend grosser Raum derselben übrig, um in ihm, unmittelbar an den zerstreut bis zum südlichen Uferrand hervorgebauten Häusern des ältern Theils des Dorfes vorbei, den Bahnhof, und am nordwestlichen Ende desselben, mittelst eines Bogens von zirka 400 Fuss Halbmesser, eine ununterbrochene Verbindung mit dem Lagerhaus herstellen zu können. Am südöstlichen Ende verlässt die Bahn den Bahnhof, in einem Bogen von 1500 Fuss Halbmesser, mittelst welchem sie die bis an das Seeufer sich fortsetzenden Hügel Romanshorn umgeht. Die Einmündung einer Zweigbahn von Rorschach würde hier ohne alle Schwierigkeit stattfinden können.

Die Höhenlage des Bahnhofes wurde durch den Wasserstand des Bodensee's bestimmt. Dieser wechselt, wie bei allen Gebirgssee'n der Schweiz, nach den Jahrgängen und mehr noch nach den Jahreszeiten. Er ist abhängig von der Witterung und von der Masse des in den Hochgebirgen schmelzenden Schnee's und erreicht gewöhnlich im Monat Februar seinen niedrigen, in den Monaten Juni und Juli seinen höchsten Stand. Die Differenz zwischen