

Winkelhebeln angehängt, deren aufrecht stehende Arme  $B, B'$  von den Anschlägen  $A$  und  $A'$  mitgenommen werden, wenn die Ventile geöffnet werden sollen. Die Schieberstange muss aber erst um die Länge  $e$ , gleich der äusseren Überdeckung eines Muschelschiebers, aus ihrer Mittellage ausgelenkt sein, ehe eines der Ventile angehoben werden darf. Das geht nun einfach dadurch zu erreichen, dass in der gezeichneten Mittellage zwischen  $A$  und  $B$  je ein Spielraum von der Grösse  $e$  hergestellt wird. Dann bleibt aber das alte Diagramm auch für solche Ventilsteuerungen gültig. Für das Ausströmen muss eine anders bewegte Stange  $ST$  vorhanden sein und der Spielraum zwischen  $A$  und  $B$  je  $i$  betragen.

Weiter wird auf diese Arten der inneren Steuerungen nicht eingegangen.

## 2. Kapitel.

### Verschiedene Schieberanordnungen.

#### § 8. Der Kanalschieber von Trick.

Die vorhergehenden Untersuchungen haben gezeigt, dass mit dem einfachen Muschelschieber bei starker Expansion keine günstige Dampfverteilung zu erreichen geht. Ein Übelstand war der, dass das Eröffnen und Schliessen für den Eintritt des Dampfes sehr langsam vor sich geht und dass der Kanal dafür überhaupt nur wenig geöffnet wird. Dem soll der Trick'sche Kanalschieber wenigstens teilweise abhelfen.

Dieser Schieber besitzt, wie Fig. 11, Taf. II, zeigt, einen besonderen Kanal, der sich aussen um den muschelförmigen Hohlraum herumzieht und der an beiden Lappen in der Weite  $a'$  ausmündet. Der Schieberspiegel muss dabei eine ganz bestimmte äussere Länge erhalten. Er sollte auch höher als es sonst nötig ist über dem Boden des Schieberkastens liegen, damit der Dampf ungehindert zwischen Schieber und Boden in den Schieberkanal eintreten kann, wenn dessen Ausmündung neben dem Schieberspiegel im Freien steht.

Soweit das Einströmen des Dampfes zwischen der äusseren Kante des Schiebers und der äusseren Kante des Dampfkanals erfolgt, wird es durch den Schieberkanal in keiner Weise beeinflusst. Die Eröffnung ist daher wie früher gleich der horizontalen Breite der Fläche zwischen den Linien  $e$  und  $e + a$  und dem Exzenterkreise. Diese Fläche

ist auf der rechten Seite der Fig. 11 a horizontal schraffiert. 11 b giebt die zugehörige Stellung des linken Dampfkanals und Schieberlappens in gegenseitiger Mittellage.

Durch den Schieberkanal kommt nun auf einem gewissen Gebiete ein Mehrbetrag an Eröffnung hinzu, der sich im Diagramme mit Zirkel und Lineal allein einzeichnen lässt, wenn man ihn von der äusseren Deckungslinie aus nach einwärts zu anträgt. Das soll aber nur für den linken Dampfkanal entwickelt werden, da sich für den rechten Alles kongruent wiederholt.

Dabei muss zunächst die Eröffnung der linken Ausmündung des Schieberkanals über dem linken Dampfkanal bestimmt werden. Ihr Beginn hängt von der gegenseitigen Stellung der beiden Kanten  $A$  und  $B$ , s. Fig. 11 c, ab. Man muss aber die Kante  $A$  in der Senkrechten durch  $ee$  festgehalten und dafür Kante  $B$  nach links zu ausgelenkt denken. Dazu müsste der Schieberspiegel von einem Exzenter bewegt werden, das gleichen Halbmesser besitzt, wie das wirkliche, das aber gegenüber der Vertikalen symmetrisch zu diesem aufgekeilt ist. Der Mittelpunkt des zugehörigen Exzenterkreises  $k_1$  liegt senkrecht unter der Mittellage von  $B$  in  $O_1$ , die Kolbenweglinie ist von links oben nach rechts unten geneigt, der Kreis wird dem Uhrzeiger entgegen durchlaufen, die Punkte auf ihm liegen je in der gleichen Höhe mit den zugehörigen auf dem Hauptkreise  $k$ . Hiernach folgt die Eröffnung des Schieberkanals als der horizontale Abstand zwischen  $ee$  und  $k_1$ . Diese Eröffnung nimmt aber nur bis  $a'$  zu, dann steht die linke Ausmündung des Schieberkanals ganz frei über dem Dampfkanal und bleibt eine Zeit lang offen. Dabei übernimmt die Senkrechte  $a'$  die Begrenzung der Eröffnungsfläche.

Die Ausmündung nähert sich nun dem Stege und tritt schliesslich sogar über diesen. Das bewirkt wieder eine Verengung, die von der gegenseitigen Lage der Kanten  $C$  und  $D$  abhängt, s. Fig. 11 d. Hier muss  $D$  in die Senkrechte  $ee$  gelegt und wieder der Schieber bewegt werden. Der zugehörige Hilfskreis  $k_2$  hat seinen Mittelpunkt senkrecht unter  $C$  in  $O_2$ ; er wird wieder im Sinne des Uhrzeigers durchlaufen. Die Begrenzung der Eröffnungsfläche übernimmt er aber erst nach seinem Schnitte mit  $a'$ . Im Schnitte mit  $ee$  ist der Schieberkanal ganz geschlossen. Nach der Umkehr des Schiebers wiederholt sich der ganze Verlauf in entgegengesetzter Reihenfolge, und man erhält auf der unteren Seite des Diagrammes eine symmetrische Eröffnungsfläche. Beide Flächen sind von links oben nach rechts unten schraffiert. In den Punkten IV und I der Dampfverteilung ist hiernach die linke Ausmündung des Schieberkanals für den Durchtritt des Dampfes ganz offen.

Damit trotzdem der Dampf nicht zu früh und zu lange in den Cylinder eintreten kann, darf die rechte Ausmündung des Schieberkanals nicht vor IV öffnen und nicht nach I schliessen. Sie sollte aber auch nicht später öffnen und früher schliessen, weil sonst der Schieberkanal nicht genügend ausgenützt wird. Am besten öffnet er also bei Stellung IV und schliesst bei I. Seine Eröffnung ist bestimmt durch die gegenseitige Lage der Kanten  $E$  und  $F$ , s. Fig. 11 e, und diese müssen daher in ihrer gegenseitigen Mittellage einen Abstand besitzen genau gleich der äusseren Überdeckung  $e$ . Zur Darstellung der Eröffnung muss man  $E$  in der Senkrechten  $ee$  festgehalten und den Schieberspiegel nach links verschoben denken. Das giebt im Diagramme einen Hilfskreis  $k_3$ , dessen Mittelpunkt  $O_3$  sich senkrecht unter der Mittellage von  $F$  befindet und der dem Uhrzeiger entgegen zu umfahren ist. Da nach der Annahme  $O_3$  um  $e$  rechts von  $ee$  liegt, so muss dieser Kreis durch die Punkte IV und I gehen. Die Eröffnung reicht von  $ee$  nach links bis zu diesem Kreise  $k_3$ . Sobald sie aber gleich  $a'$  geworden ist, übernimmt die Senkrechte  $a'a'$  die weitere Begrenzung. Vor I bildet dann wieder der Kreis  $k_3$  die Grenze. Die ganze Eröffnungsfläche des rechten Schieberkanals, liegend zwischen  $ee$ ,  $a'a'$  und dem Kreise  $k_3$ , ist von rechts oben nach links unten schraffiert.

Da der Dampf bei seiner Bewegung durch den Schieberkanal dessen beide Ausmündungen durchströmen muss, so ist als wirklich freier Durchtrittsquerschnitt nur je der kleinere einzuführen. Von den beiden Eröffnungsflächen gilt daher nur der beiden gemeinschaftliche, also doppelt schraffierte Teil. Zur grösseren Deutlichkeit ist die ganze schliessliche Eröffnungsfläche auf der linken Seite des Diagrammes noch einmal dargestellt, aber nur einheitlich schraffiert. Es zeigt sich, dass das Eröffnen für den Eintritt des Dampfes am Anfange und Ende durch den Schieberkanal verdoppelt wird. Der weitere Verlauf hängt von den gewählten Grössenverhältnissen ab. In Fig. 11 a tritt der Schieberkanal in der Mitte des Einströmens ganz ausser Wirksamkeit, während die Gesamteröffnung vor- und nachher eine Zeit lang zwischen den Kreisen  $k$  und  $k_2$  unverändert bleibt. Bei einem kleineren Halbmesser des Exzenters, wie in Fig. 11 f, wird die Begrenzung in der Mitte des Einströmens ununterbrochen durch den Kreis  $k_2$  gebildet; dann vergrössert der Schieberkanal die Eröffnung während des ganzen Einströmens.

Beim Entwerfen eines neuen Kanalschiebers muss man wesentlich gleich vorgehen, wie bei einem Muschelschieber. Doch ändern sich einige Zahlenwerte. Infolge der Verdoppelung der Er-

öffnung am Anfange des Einströmens braucht man das Voröffnen  $v$  an der äusseren Lappenkante nur etwa halb so gross zu nehmen, wie sonst. Das Gleiche gilt vom Voröffnungswinkel  $\gamma$ . Der Schieber arbeitet meistens mit noch kleineren Füllungen, als in Fig. 11 f angenommen wurde. Dann gestattet der Schieberkanal, die grösste Eröffnung  $m$  durch den Schieberlappen auch kleiner zu nehmen als beim Vollschieber.

Neu kommt hier noch hinzu die Bestimmung der Weite  $a'$  der Ausmündungen des Schieberkanals. Damit der Kanal möglichst viel nützt, muss das kreuzweise schraffierte Stück der Eröffnungsfläche in Fig. 11 a u. f möglichst gross gemacht werden. Nun ist der Kreis  $k_3$  anderweitig bestimmt. Daher sollten  $k_2$  und sein Mittelpunkt  $O_2$ , also auch die Kante  $C$  in Fig. 11 d, möglichst weit nach links rücken. Das heisst aber, dass die Wanddicke ausserhalb des Kanals im Schieber möglichst klein gemacht werden soll, womöglich so klein, dass gerade nur ein dampfdichter Abschluss gesichert bleibt, also 6—8 mm. Den Abstand  $AC = a'$  macht man dann am besten so gross, dass die in Fig. 11 a, f mit  $a'$  bezeichnete Senkrechte durch die Schnittpunkte  $P$  der Kreise  $k_2$  und  $k_3$  hindurchgeht. Dann liegen aber  $O_2$  und  $O_3$  je gleich weit von  $a'a'$  entfernt, und aus den Figuren 11 e, 11 a und 11 d folgt für die Abstände der Kanten auch:

$$FG = AH = CD - a' = CD - CA = AD,$$

d. h. die Kante  $A$  ist in der Mitte zwischen den Kanten  $H$  und  $D$  anzunehmen. Die Grösse  $a'$  lässt sich dann noch anderweitig bestimmen: Für den Schnittpunkt der Kreise  $k_2$  und  $k_3$  steht der Schieber, wie in Fig. 11 g, so, dass  $a'$  gerade noch ganz offen ist. Gleichzeitig beträgt aber die Eröffnung aussen am Schieberlappen auch  $a'$ . Bezeichnet nun  $w$  die Wanddicke ausserhalb des Schieberkanals, so folgt aus der Figur:

$$a' = \frac{1}{2} (a - w).$$

Macht man den Schieberkanal schmaler, so wirkt er nicht genügend, macht man ihn breiter, so nützt das für die Eröffnung nichts, trägt dagegen zur Vergrösserung des schädlichen Raumes bei, denn der Schieberkanal enthält beim Voröffnen für das Einströmen auch Dampf von niedrigerer Pressung. Doch kann die Ausmündung des Schieberkanals nicht immer gleich  $a'$  gemacht werden, weil in der Mittellage der Dampfkanal dicht geschlossen bleiben muss, damit die beiden Cylinderseiten nicht durch den Schieberkanal mit einander in Verbindung treten können. Da aber an beiden Seiten eine Überdeckung vorhanden ist, so genügt an jeder eine solche von 3—4 mm, bei rasch laufenden Maschinen sogar eine noch kleinere, die bis Null hinunter geht.

Der Schieberkanal kann auch zu einer Verbreiterung des Steges  $s$  zwingen, weil in der äussersten Lage des Schiebers zwischen dem Schieberkanal und der Ausströmungsöffnung noch eine dampfdichte Überdeckung von mindestens 6—8 mm vorhanden sein muss. Wird eine solche Vergrösserung von  $s$  nötig, so kann doch die Zwischenwand zwischen dem Dampfkanal und der Ausströmungsöffnung ihre alte Dicke beibehalten, nur muss dann die Gleitfläche am Stege nach einwärts frei vorspringen, wie es in Fig. 11 angedeutet ist.

Bei Kolbenschiebern lässt sich die Trick-Wirkung ebenfalls erreichen, so z. B. beim Schieber von **Armington**\*, s. Fig. 12, Taf. II, der mit innerem Eintritte und äusserem Austritte arbeitet. Er ist für die gleichen Verhältnisse gezeichnet, wie der Trick-Schieber in Fig. 11, Taf. II, so dass auch das dortige Diagramm gilt. Als Schieberkanal dient der Hohlraum des Kolbenschiebers.

Von **F. J. Stevens**\*\* ist vorgeschlagen worden, den Trick-Schieber als geteilten Schieber auszuführen. Man kann dabei die auf der Seite des Dampfkanals befindliche Ausmündung des Schieberkanals sehr breit machen und erhält so auch für das Ausströmen eine Trick-Wirkung. Diese nützt aber nur dann viel, wenn die innere Überdeckung gross gemacht wird, und das verbietet bei den Umsteuerungen die Rücksicht auf die Kompression. Der Schieber hat sich daher nicht einbürgern können. Ähnliches gilt von anderen Vorschlägen, die sogar eine Vervielfachung der Trick-Wirkung anstreben. Sie erreichen das aber nur durch eine ziemlich verwickelte Anordnung des Schiebers. Im Diagramme lässt sich dabei die Eröffnung nicht mehr durch eine zusammenhängende Fläche mit Zirkel und Lineal allein zeichnen, vielmehr wird ein Teil der Begrenzung durch Ellipsen gebildet.

Bei der oben, Seite 31, erwähnten Umsteuerung von Durant und Lencauchez sind die Drehschieber ebenfalls mit Trick-Wirkung versehen.

## § 9. Der Schlepsschieber von Ehrhardt und Sehmer.\*\*\*

Dieser Schieber sieht im Querschnitte, s. Fig. 13, Taf. II, dem Trick'schen Kanalschieber sehr ähnlich, er besteht aber aus zwei Teilen, einem äusseren, der in gewöhnlicher Art durch die äussere

\* D.-R.-P., Kl. 14, Nro. 22828; Wochenschrift des Vereines deutscher Ingenieure 1883, 274; Dingler 1884, 252, 267.

\*\* Rev. gén. d. chemins de fer 1884, Jahrg. 7<sup>e</sup>, Seite 186.

\*\*\* Dingler, Polyt. Journal 1880, 235, 93.

Steuerung bewegt wird, und einem inneren, der in der Richtung der Schieberbewegung gegenüber dem äusseren einen gewissen Spielraum besitzt. In der Figur sind beide Teile in ihrer Mittelstellung gegenüber dem Schieberspiegel gezeichnet, obwohl sie sich niemals gleichzeitig in dieser Lage befinden. Der gegenseitige Spielraum beträgt dabei auf jeder Seite  $p$ . Hat sich der äussere Schieber aus der gezeichneten Lage um  $p$  verschoben, so nimmt er den inneren durch Anschläge mit, wobei aber auf der Seite der Berührung zwischen beiden noch ein Zwischenraum frei bleibt, der am Schieberspiegel mit der Weite  $a'$  ausmündet. Das Mitnehmen dauert bis die Schieber am Ende ihres Hubes angelangt sind. Wenn dann der äussere umkehrt, so bleibt der innere zunächst in Ruhe, bis der äussere den Weg  $2p$  zurückgelegt hat. Dann tritt wieder Berührung ein, aber auf der entgegengesetzten Seite, und beide Schieber bewegen sich wieder gemeinschaftlich.

Der zwischen beiden Schiebern stets frei bleibende Zwischenraum erzeugt auch eine Trick-Wirkung beim Einströmen, die aber von der beim Kanalschieber auftretenden doch etwas abweicht, weil hier die beiden Ausmündungen des Zwischenraumes veränderlich sind. Daher muss das Einströmen hier auch mit untersucht werden, doch soll das wieder nur für den linken Dampfkanal geschehen.

Das Einströmen ausserhalb des Schiebers erfolgt in der alten Weise, und es ist die zugehörige Eröffnungsfläche in Fig. 13 a horizontal schraffiert.

An der linken Ausmündung des Zwischenraumes beginnt die Eröffnung, wenn, s. Fig. 13 b, Kante  $A$  auf  $B$  kommt. Dabei bewegen sich beide Schieber von links nach rechts, sie berühren sich links, und der innere Schieber ist gegenüber der Darstellung in Fig. 13 um  $p$  nach links verschoben. Denkt man, wie bei Trick, die Kante  $A$  in der Senkrechten  $ee$  festgehalten, so muss man  $B$  im entgegengesetzten Sinne bewegen und findet die Stellungen von  $B$  senkrecht über den Punkten des Kreises  $k_1$  mit  $O_1$  als Mittelpunkt. Die Eröffnung reicht links von  $ee$  bis zu diesem Kreise; da sie aber nicht grösser als  $a'$  werden kann, so wird die Begrenzung bald von der Senkrechten  $a'$  übernommen. Wie lange diese Linie gilt, hängt davon ab, ob die Ausmündung  $a'$  schliesslich über den Steg tritt, oder nicht. Entscheidend ist also die Stellung der Kante  $C$  gegenüber  $D$ , s. Fig. 13 c. Diese Stellung wird durch den Kreis  $k_2$  um  $O_2$  dargestellt, und die Verhältnisse der Figur sind so gewählt, dass der Kreis  $k_2$  die Linie  $a'$  gar nicht schneidet, dass er sich also auch nicht an der Begrenzung beteiligt. Nachdem  $C$  seine äusserste Stellung rechts in  $C'$  erreicht

hat, kehrt der äussere Schieber um, während der innere zunächst stehen bleibt. Dadurch nimmt die linke Ausmündung des Zwischenraumes zu, wie es der die Linie  $a'$  berührende Kreis  $k_3$  um  $O_3$  zeigt, s. auch Fig. 13 d, wo die gegenseitige Anfangsstellung angegeben ist. Wenn die linke Ausmündung teilweise oder ganz über den Steg tritt, so fallen die Kreise  $k_2$  und  $k_3$  zusammen und bilden auch rechts von der Linie  $a'$  die Begrenzung. Die Zunahme der Ausmündung dauert nun an, bis die grösste Weite mit  $a' + 2p$  erreicht ist; der Kreis  $k_3$  gilt also bis zur Senkrechten im Abstände  $a' + 2p$  links von  $ee$ . Dabei nähert sich die Kante  $A$  der Kante  $B$  von rechts her und sperrt die Ausmündung schliesslich wieder ab. Im Diagramme muss man aber  $A_2$ , s. Fig. 13 e, in der Senkrechten  $ee$  festgehalten und  $B_2$  nach rechts bewegt denken. Dann zeigt der Kreis  $k_4$  um  $O_4$  die gegenseitige Stellung beider Kanten, und er schliesst im Schnitte mit  $ee$  die Eröffnungsfläche der linken Ausmündung ab. Diese ganze Fläche ist von rechts oben nach links unten schraffiert, nur aus Versehen auch links von  $a' + 2p$ . Es kann auch vorkommen, dass sich die Kreise  $k_3$  und  $k_4$  rechts von der Senkrechten  $a' + 2p$  schneiden, dann beteiligt sich diese Linie an der Begrenzung nicht.

Die Eröffnung der rechten Ausmündung des Zwischenraumes hängt von der gegenseitigen Lage der Kanten  $E$  und  $F$  ab, s. Fig. 13 f. Ihr Abstand muss in der Mittellage, wie bei Trick, genau gleich der äusseren Überdeckung sein. Im Diagramme denkt man wie dort  $E$  in der Senkrechten  $ee$  festgehalten und  $F$  entgegengesetzt bewegt, also nach dem Kreise  $k_5$  um  $O_5$ . Bei den Verhältnissen der Figur erreicht die Kante  $F$  die Kante  $G$  nicht, so dass  $k_5$  die Begrenzung der Eröffnung von IV bis I übernimmt. Die Eröffnungsfläche ist von links oben nach rechts unten schraffiert. Wenn  $F$  über  $G$  hinausgeht, so gilt Kreis  $k_5$  nur bis zum Schnitte mit der Senkrechten im Abstände  $a' + 2p$  links von  $ee$ . Von da bis zum horizontalen Durchmesser wird die Grenze von dieser Senkrechten gebildet, dann von einem sie berührenden Kreise, hierauf von der Senkrechten  $a'a'$  und endlich wieder vom Kreise  $k_5$ .

Da der Dampf auch hier nacheinander beide Ausmündungen durchströmen muss, so gilt ebenfalls nur je die kleinere der beiden Eröffnungen, also der doppelt schraffierte Teil der Flächen. Dieser Teil ist auch links noch einmal zusammenhängend dargestellt. Je nach den Grössenverhältnissen der Steuerung kann zwar diese Fläche innen auch anders begrenzt sein, stets wird sie aber gegenüber dem wagerechten Durchmesser der Kreise in dem Sinne unsymmetrisch, dass sie im zweiten Teile des Einströmens ein Stück weit breiter ausfällt

als im ersten. Und das ist für die Dampfverteilung nur günstig, weil der Kolben an der breiteren Stelle der Eröffnungsfläche auch die grössere Geschwindigkeit besitzt.

Der eigentliche Zweck des Schiebers von Ehrhardt und Sehmer ist aber weniger eine Verbesserung des Einströmens als eine solche des Ausströmens. Dieses beginnt am linken Dampfkanal, wenn sich die Schieber von rechts nach links bewegen. Dabei berühren sie sich rechts, der innere ist also gegenüber der Darstellung in Fig. 13 um den Spielraum  $p$  nach rechts verschoben. Und das entspricht einer Vergrösserung der linken inneren Überdeckung von  $i$  auf  $i + p$ . Die daraus folgende gegenseitige Lage der maßgebenden Kanten  $H$ ,  $D$  und  $B$  für die Mittelstellung des äusseren Schiebers ist in Fig. 13 g, h, dargestellt, aber mit anderen Grössenverhältnissen als in Fig. 13 a—f.

Das Voröffnen für das Ausströmen beginnt, wenn die Kante  $H$  aus der gezeichneten Mittellage um  $i + p$  nach links ausgelenkt ist, also im Punkte II. Die Eröffnung nimmt darauf in gewöhnlicher Weise zu, und schliesslich wird der Dampfkanal überöffnet. In der äussersten Stellung der Schieber befinden sich die drei Kanten dann in der in Fig. 13 i angegebenen Lage. Jetzt kehrt der äussere Schieber um, der innere bleibt aber ruhig auf dem Schieberspiegel stehen, so dass sich der gegenseitige Abstand der Kanten  $H_1$ ,  $B_1$  und  $D_1$  zunächst nicht ändert. Betrachtet man nun die Punkte des Exzenterkreises  $k$  als Vertreter der Kante  $H$ , denkt sich also diese je senkrecht über den Punkten von  $k$ , so muss man  $B$  und  $D$  mitnehmen, und es ist also  $B$  über dem Kreise  $k_6$  um  $O_6$ ,  $D$  über dem Kreise  $k_7$  um  $O_7$  zu suchen. Diese beiden Kreise haben horizontal gemessen einen Abstand gleich der Kanalweite  $a$ , und sie begrenzen eine Zeit lang die Eröffnungsfläche für das Ausströmen. Wird der Kanal dafür nicht überöffnet, so tritt  $k$  an die Stelle von  $k_6$ . Hat sich der äussere Schieber um  $2p$  nach rechts bewegt, so berührt er den inneren links und nimmt ihn mit. Die Kreise  $k_6$  und  $k_7$  gelten also nur bis zu den Punkten  $B_2$  und  $D_2$ , die um  $2p$  rechts von den Senkrechten durch  $B_1$  und  $D_1$  liegen. Von da an kann man die Kanten  $B_2$  und  $D_2$  in diesen Lagen festgehalten denken, dann übernimmt anfangs die Senkrechte durch  $B_2$  und schliesslich der Hauptkreis  $k$  die linke Begrenzung der Eröffnungsfläche; in III hört das Ausströmen auf und beginnt die Kompression. In dieser Stellung ist der innere Schieber gegenüber dem äusseren aus der in Fig. 13 gezeichneten Lage um  $p$  nach links verschoben, so dass seine linke innere Überdeckung von  $i$  auf  $i - p$  abgenommen hat. Da aber dem Zahlenwerte nach

$p > i$  gewählt wurde, so wird diese Überdeckung sogar negativ. III fällt daher auf die rechte Seite des senkrechten Kreisdurchmessers, und der letzte Teil der Eröffnungsfläche reicht eigentlich ausserhalb des Kreises  $k$  bis zu seiner horizontalen Tangente. Die Schraffur ist aber doch nur innerhalb des Kreises durchgeführt, weil die Figur sonst undeutlicher wäre. Das Gleiche gilt übrigens auch für den Schnitt von  $k_4$  und  $e$  in Fig. 13 a.

Der Schieber von Ehrhardt und Sehmer gestattet hiernach, verglichen mit einem festen Schieber, einen späteren Beginn sowohl des Vorausströmens als auch der Kompression. Er erscheint daher namentlich für langsamer laufende Maschinen brauchbar, bei denen auch die wiederholten Schläge des äusseren Schiebers gegen den inneren zugelassen werden dürfen. Ausgeführt findet er sich bei Fördermaschinen.

Bei der Bestimmung der Grössenverhältnisse eines neuen Schiebers muss wesentlich gleich vorgegangen werden, wie beim Trick-schen Kanalschieber. Eine Abweichung bietet nur die Wahl von  $a'$  und  $p$ . Da der innere Schieber in seiner Mittellage beide Dampfkanäle dampfdicht überdecken muss, so ist  $a' + p$  als gegeben anzusehen. Legt man nun Wert auf möglichst geringe Kompression und späten Beginn des Vorausströmens, so muss man  $i$  möglichst klein,  $p$  möglichst gross wählen. Dadurch wird allerdings  $a'$  verkleinert und die Trick-Wirkung beim Einströmen abgeschwächt, was aber bei langsameren Maschinen weniger schadet. Zur Bestimmung der Stegbreite endlich hat man nur  $a'$  zu berücksichtigen. Denn wenn der äussere Schieber am weitesten nach rechts ausgelenkt ist, so berührt er den inneren links, so dass die Ausmündung über dem linken Stege  $a'$  beträgt.

## § 10. Der Gitterschieber von Penn.

Bei sehr grossen Cylindern, also namentlich bei den Mittel- und Niederdruck-Cylindern der Schiffsmaschinen, würde ein gewöhnlicher Muschelschieber ein zu grosses Exzenter erfordern. Man teilt daher die Ausmündung jedes Dampfkanals am Schieberspiegel in mehrere,  $n$ , gleiche Teile; gewöhnlich ist  $n = 2$ , wie in Fig. 14, Taf. II. Der Schieber erhält für jede dieser Ausmündungen einen besonderen Lappen, so dass seine Gleitfläche gitterförmig aussieht. Für jede einzelne Ausmündung gilt dabei das Diagramm des einfachen Muschelschiebers. Nun werden alle  $n$  Ausmündungen und Lappen derselben Seite unter sich genau gleich gemacht. Sie ergeben daher alle die gleiche Dampf-

verteilung und man kann die Gesamteröffnungen in wirklicher Grösse finden, indem man das Diagramm einer Ausmündung  $n$ -mal vergrössert.

Soll ein neuer Gitterschieber entworfen werden, so bestimmt man zunächst den Kanalquerschnitt  $ab$ , als wenn nur je ein einziger Dampfkanal vorhanden wäre. Das Verhältnis  $b/a$  muss aber kleiner angenommen werden als sonst, damit schliesslich die einzelnen Ausmündungen nicht zu lang und schmal ausfallen. Hierauf teilt man  $a$  in  $n$  gleiche Teile und rundet diese lieber etwas auf, weil mehrere kleinere Öffnungen einen grössern Widerstand verursachen, als eine einzige vom Gesamtquerschnitte aller Teile. Die Anzahl  $n$  der Teile muss so gewählt werden, dass der Halbmesser  $r$  des Exzenters eine passende Grösse erhält. Neuere Schiffsmaschinen haben  $r$  nur selten grösser als 150 mm. Dann lässt sich das Schieberdiagramm für die grösste verlangte Füllung zeichnen, und diesem gehen schliesslich zu entnehmen: Die endgültige Grösse von  $r$ , der Voreilwinkel und die beiden Überdeckungen. Damit ist zugleich die gegenseitige Lage der vier Kanten  $A, B, C$  und  $D$  gegeben, s. Fig. 14 a.

Die Lage der übrigen Kanten des Schiebers und Schieberspiegels muss dann der Reihe nach so bestimmt werden, dass keine über eine Öffnung tritt, die sie nicht öffnen oder nicht schliessen soll, dass überall da eine dampfdichte Überdeckung  $u$  gesichert bleibt, wo kein Öffnen erfolgen darf und dass alle Teile des Schieberspiegels vom Schieber bestrichen werden, damit sich nirgends ein Grat bilden kann. Daher muss sein der Abstand:

$CE \geq r$ , damit  $E$  nicht über den äusseren Dampfkanal tritt.  
 $EF \geq u$ , damit dort stets ein dampfdichter Abschluss gesichert bleibt; wirklich muss  $EF$  wegen der nötigen Wandstärke  $> u$  genommen werden.  $FH \geq r$ , damit  $F$  nicht über den inneren Dampfkanal tritt.  
 $G, H, J, K$  liegen dann gegenseitig genau so, wie  $A, B, C, D$ . Eine weitere Ausmündung müsste in gleicher Weise behandelt werden.  
 $GL \geq r + u$ , aber  $JL$  der Wandstärke mindestens entsprechend.  
 $KM \geq r + a$ , wo  $a$  die Summe der Weiten aller  $n$  Ausmündungen des Dampfkanals bedeutet, damit der Dampf frei ausströmen kann. Da ein solcher Gitterschieber ziemlich lang ausfällt, erscheint es zweckmässig, alle Abstände so klein als möglich zu wählen.

Wenn keine besonderen Bedingungen gestellt sind, wird die andere Seite des Schiebers gegenüber der Mitte von  $LM$  symmetrisch angeordnet.

Der Dampf, der in die innere Ausmündung  $HJ$  einströmen soll, muss sich aus dem Schieberkasten auf beiden Seiten neben dem Schieber vorbei durch die Öffnungen  $NN$ , Fig. 14 b, in den Hohlraum  $R$  und

dann zwischen  $F$  und  $G$  hindurch bewegen. Auf diesem Wege muss er überall einen Gesamtquerschnitt vorfinden, der mindestens gleich  $ab/n$  bleibt. Daher muss jede Öffnung  $N$  aussen am Schieber mindestens  $= ab/2n$  gemacht werden. Nach der Mitte zu kann dagegen der Querschnitt des Hohlraumes  $R$  abnehmen, weil ein Teil des bei  $N$  ankommenden Dampfes schon aussen in den Dampfkanal einströmt. Dadurch geht die ganze Höhe des Schiebers zu verkleinern, während doch der Querschnitt des Kanals  $S$  für den ausströmenden Dampf mindestens so gross bleibt, wie die Summe der ausserhalb liegenden Ausmündungen des Dampfkanals.

Für die äusseren Ausmündungen lässt sich leicht ein Trick-Kanal anordnen, und er findet sich auch gelegentlich angewendet. An den inneren Ausmündungen wäre er ebenfalls möglich, liesse sich aber nur schwierig unterbringen.

Der in der Figur dargestellte Penn'sche Gitterschieber erhält gewöhnliche Breite, wird aber hoch. Auch muss der Schieberkasten breit gemacht werden, damit der Dampf seitlich neben dem Schieber ungehindert zu den Öffnungen  $NN$  und in den Hohlraum  $R$  gelangen kann.

Ein ähnlicher Gitterschieber ist, wenn auch selten, von **Borsig** ausgeführt worden. Bei ihm stehen die unteren Öffnungen  $FG$  des Schiebers nach oben zu mit dem Schieberkasten in Verbindung. Daher müssen die Kanäle  $S$  für den ausströmenden Dampf seitlich um den Schieber herumgeführt werden. Der Schieber wird dadurch niedriger, aber breiter, während der Schieberkasten angenähert gleich breit ausfällt, wie bei Penn. Ein Trick-Kanal lässt sich bei Borsig nicht gut anbringen.

Wenn man für Eintritt und Austritt des Dampfes getrennte Schieber anwendet, so kann man die Teilung der Kanäle noch weiter treiben und kommt dann zu dem sogenannten Rostschieber, der sich aber bei Umsteuerungen nur ausnahmsweise ausgeführt findet.

Statt des immerhin ziemlich gross ausfallenden Gitterschiebers kommen auch bei grossen Cylindern mehrstufiger Maschinen zwei Schieber nebeneinander vor.\*

## § 11. Die Schieber von Hick, Mekarski und ähnliche.

Bei mehrstufigen Maschinen, sowohl solchen die mit Dampf, als auch solchen die mit Druckluft arbeiten, werden zwei aufeinander-

\* Z. B. Engineering 1892, I, Seite 557.

folgende Cylinder gelegentlich so angeordnet, dass sie auf die gleiche Kurbel wirken. Dann können beide von einem einzigen Schieber gesteuert werden. Liegen die beiden Cylinder nebeneinander, so benutzt man Schieber, wie den von Hick, Fig. 15 a, Taf. II, liegen sie hintereinander, «*tandem*», Schieber, wie den von Mekarski, Fig. 15 b. Setzt man für beide Schieber gleiche Kanalweiten und Überdeckungen voraus, so erhält man auch gleiche Diagramme. Beide gehen daher grösstenteils gemeinschaftlich zu behandeln. Dabei werden für alle bei der Dampfverteilung nötigen Grössen die bisherigen Bezeichnungen beibehalten und nur die für den kleinen Cylinder geltenden durch einen Strich rechts oben unterschieden.

Die Schieber sind so geformt, dass für jeden Dampfkanal ein Schieberlappen mit einer äusseren und einer inneren Überdeckung vorhanden ist. Für das Einströmen in den kleinen und das Ausströmen aus dem grossen Cylinder erhält man daher das gleiche Diagramm wie bei einem einfachen Schieber. Dagegen muss das Ausströmen aus dem kleinen und das Einströmen in den grossen Cylinder besonders untersucht werden. Das soll aber auch nur für den linken Kanal des kleinen Cylinders geschehen.

Dieser Kanal wird für das Ausströmen bei  $II'_1$ , s. Fig. 15, vorgeöffnet, sobald der Schieber um die zugehörige innere Überdeckung  $i'$  aus seiner Mittellage nach links ausgelenkt ist. Doch hat man es dabei nicht mit einem eigentlichen Vorausströmen zu thun, weil nur der verhältnismässig kleine Raum des Kanals im Schieber mit dem Cylinder in Verbindung gesetzt wird. Das ist also nur eine Vergrösserung des schädlichen Raumes, infolge deren höchstens die Expansionskurve bei  $II'$  eine Unstetigkeit zeigen kann. Der grosse Cylinder ist zunächst noch abgeschlossen, wenigstens für  $e > i'$ , wie es den Ausführungen entspricht und wie es daher auch in den Figuren angenommen wurde. Erst wenn der Schieber um  $e$  nach links ausgelenkt ist, setzt er seinen Kanal und durch ihn die linke Seite des kleinen Cylinders mit der rechten Seite des grossen in Verbindung und öffnet für diesen das Voreinströmen. Da die Kolben aber noch nicht am Ende des Hubes angelangt sind, so wird die zwischen beiden Kolben enthaltene Dampfmenge nach erfolgter Mischung bis zum Kolbenwechsel komprimiert. Nach diesem beginnt dann das Überströmen des Dampfes aus dem kleinen Cylinder durch den Schieber in den grossen und dauert bis der grosse Cylinder bei I wieder abgesperrt wird. Die jetzt in ihm enthaltene Dampfmenge expandiert in gewöhnlicher Weise weiter und verlässt die Maschine beim nächsten Kolbenhube. Der übrige Dampf wird dagegen zunächst im kleinen