

verbindet. Die zugehörige Geschwindigkeitskurve zeigt Fig. c. Viele Dampf-pumpwerke neuerer Entstehung haben diese Zwillingsanlage. Ganz neuerdings führt man sogar Drillingsmaschinen, mit Kurbelversetzung 120° , aus. Ihre Geschwindigkeitskurve siehe unter d; sie ist begreiflicherweise noch günstiger als die vorige. Es leuchtet aber ein, dass schon die Zwillings-, noch weit mehr die Drillingsmaschine einen baulichen Aufwand erfordert, welchem gegenüber die reine Hubmaschine mit Ausgleichern (§. 325) bedeutend im Vortheil ist.

Statt die Schwungmassen vollständig umlaufen zu lassen, kann man sie auch in grossen Kreisbogen umschwingen lassen. Ingenieur Kley hat mit jenem Scharfsinn, den wir an seinen Entwürfen gewohnt sind, auf diesen Grundsatz hin seine Wasserhaltungsmaschine mit absetzender Hilfsdrehung gebaut. Er erzielt durch Abpassung von Dampfdruck und Schwungmassenverhältniss, dass die Hilfsdrehungskurbel entweder kurz vor oder kurz hinter dem Todpunkte zur Ruhe kommt, worauf nach Umsteuerung durch den Katarakt der rückkehrende Schub in beiden Fällen beginnen kann. Im ersteren läuft das Schwungrad nach der Pause rückläufig, im letzteren rechtläufig*). Vergl. wegen der Steuerung den folgenden Paragraphen.

§. 328.

Drehungsmaschinen, Steuerung derselben.

Den Hubmaschinen stehen diejenigen Druckorganhemmwerke gegenüber, welche ihre mechanische Arbeit bei forttdrehender Bewegung abgeben sollen, also wie Laufwerke zu wirken bestimmt sind. Wir können sie Drehungsmaschinen oder auch kurzweg Drehmaschinen nennen. Zwischen ihnen und den reinen Hubmaschinen stehen die im vorigen Paragraphen besprochenen Hub-

*) Näheres über diese interessanten Maschinen (D. R. P. Nr. 2345), deren bereits über 50 an der Zahl im Betriebe sind, geben folgende Quellen: Berg- u. Hüttenm. Zeitung Glückauf 1877, Nr. 18, 1879, Nr. 98; Moniteur des int. matériels 1877, Nr. 20; Compt. rend. de St. Etienne 1877, Juni; Berggeist 1879, Nr. 85; Z. D. Ingenieure, 1879, S. 304, 1881, S. 479 u. 529, 1883, S. 579; Dingler's Journ. 1881, Bd. 242, S. 1, 1882, Bd. 244, S. 349; Maschinenbauer 1881, S. 63; Oesterr. Ztg. f. Berg- u. Hüttenwesen 1882; Kohleninteressent (Teplitz) 1882, Nr. 34; Revista metalurgica (Madrid) 1883, Nr. 968.

maschinen mit Hilfsdrehung. Die Uebertragung von Hub auf Drehung kann auf mannigfache Art geschehen; überaus am meisten gebräuchlich ist aber die bekannte Anordnung, dass der geradlinige Kehrschub des Hemmwerkkolbens mittelst eines Schubkurbelgetriebes auf die in Fortdrehung umzutreibende Welle übertragen wird.

Der hierbei im Warzenkreis der Kurbel tangential treibende Druck P' wechselt stark in seiner Grösse, vergl. Fig. 1021, um so mehr, wenn der Kolbendruck P der Expansion wegen an sich noch wechselt; man wendet deshalb hier ebenfalls einen Ausgleicher an (vergl. S. 935) und zwar in der Form des Schwungrads. Dieses letztere stellt sich hiernach als ein Krafthalter, eine Haltung für lebendige Kraft, dar. Eine besonders bedeutende Anwendung von dieser Krafthaltung wird bei den Walzwerkmaschinen gemacht; hier wird manchmal auf kurze Zeit ebensoviel Kraft der Krafthaltung entzogen, als die Dampfmaschine an sich zuführt, sodass z. B. eine 1000-pferdige Maschine auf kurze Zeit 2000 PS abgibt, ein deutlicher Beweis, dass das Schwungrad eine Haltung vorstellt.

Wichtig und sehr vielgestaltig sind bei den Drehungsmaschinen die Steuerungen, d. h. also die Vorrichtungen zum Lösen und Schliessen der Gesperre des Hemmwerkes. In den vorigen Paragraphen haben wir eine Reihe von Steuerungen besprochen. Dieselben hatten sämtlich eine gewisse Grundeinrichtung gemein, diejenige, dass die Betreibung der Ventile von einer Hubbewegung abgeleitet war, sei es die des Kolbens selbst, oder die eines von ihm bewegten Gestänges. Eine andere Betriebsweise bietet sich aber bei den Drehmaschinen dar, diejenige, bei welcher die Gesperrbewegung von dem Drehwerk der Maschine entnommen wird; selbstverständlich ist diese Betriebsweise auch auf die Hubmaschinen mit Hilfsdrehung anwendbar. Sie ist bekanntlich sehr üblich. Wir unterscheiden deshalb nunmehr

Hubsteuerungen und Drehwerksteuerungen,

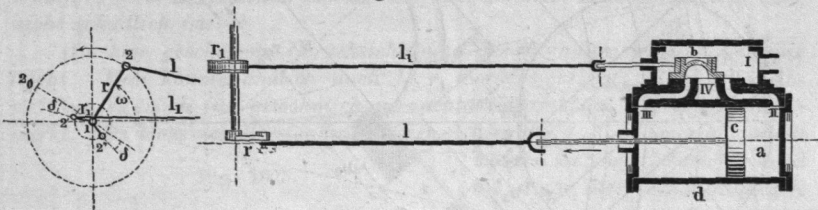
wie wir sie nennen wollen. Für die Steuerung der Drehwerkmaschinen können meistens beide Arten Verwendung finden, wirken aber dann in einer wesentlichen Hinsicht verschieden: bei den Hubsteuerungen ist der Drehungssinn des Drehwerks beliebig, bei den Drehwerksteuerungen ist er ein bestimmter.

Die Drehmaschinen Watt's besaßen durchweg Hubsteuerung*); sie konnten deshalb bei ganz ordnungsmässig gehender Steuerung sowohl rechts als links umlaufen und erforderten daher auch ganz besondere Aufmerksamkeit beim Anlassen.

Hornblower, der Erfinder der Verbunddampfmaschine, gab dieser letzteren ebenfalls Hubsteuerung. Erst 1800 kamen mit Murdock's 1799 erfundenem Schiebventil die Drehwerksteuerungen auf; indessen hielt sich die Hubsteuerung bei den Drehmaschinen noch längere Zeit, auch wird sie heute öfter wieder erfunden. Die neueren Hubmaschinen mit Hilfsdrehung haben fast immer Drehwerksteuerung; eine Ausnahme macht die oben erwähnte Kley'sche Maschine mit absetzender Hilfsdrehung (S. 943); sie ist mit Hubsteuerung ausgerüstet, damit sie ihren Gang sowohl vor, als hinter dem Todpunkt der Kurbel anheben kann.

Der Steuerungsschieber gibt vermöge der in ihm verwirklichten Zusammenziehung von vier Hebungsventilen in ein Gleitungsventil (vergl. §. 320) der Steuerung eines gewöhnlichen doppeltwirkenden Hemmwerkes eine grosse Einfachheit, wie Fig. 1023, eine Dampfmaschine schematisch darstellend, erkennen lässt.

Fig. 1023.



Der Betrieb des Schiebers *b* durch ein Schubkurbelgetriebe (Exzenter r_1 und Stange l_1) ist naturgemäss nicht der älteste gewesen; ihm ging vielmehr Betrieb mit unrunder Scheibe voran**), welcher die Stillstände der Hubventile nach geschעהener Eröffnung oder Schliessung genauer wiedergab. Ein anfänglich lange übersehener Vorzug des Schiebers wurde später als bedeutend erkannt; es ist der, dass man vermöge der Deckungen den Dampfzutritt zu *II* und *III* vor Hubschluss absperren und dadurch Expansion eintreten lassen kann. Um hierbei trotz der

*) Vergl. Farey, Treatise on the Steam engine, London 1827, S. 524; Maschinen mit Schiebersteuerung wurden bei Boulton & Watt erst nach Zurückziehung Watt's ins Privatleben gebaut.

**) Siehe Farey a. a. O., S. 677 ff.

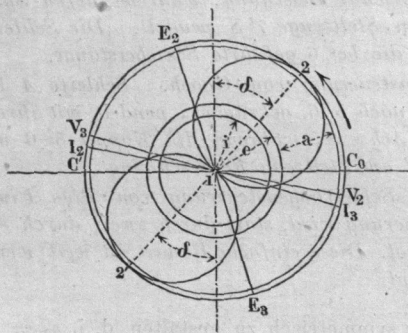
V_2 , bei welcher für den Linksschub die (Vor-) Einströmung beginnen soll, ziehe $V_2 E_2$ und dazu parallel den Aequator $2.1.2'$, so ist $\angle 2.1 C'$ der anzuwendende Voreilwinkel δ und der Abstand der 2.1 von der $E_2 V_2$ die äussere Deckung e_2 für den Schiebertrand zum Einweg II. Die Kanalweite a ist nunmehr zu wählen, und zwar so, dass sie $< r_1 - e_2$ wird. Sie ist durch die Parallele A_2 angegeben. Wenn die Kurbel in J_2 angelangt ist, was hier $\frac{98}{100}$ des Kolbenlaufs entspricht, beginnt Eröffnung nach dem Ausweg IV hin, wofern die innere Deckung $i_2 =$ dem Abstand der Parallelen $J_2 J_2'$ vom Aequator gemacht wird.

Beim Rechtsschub ist das Verfahren ähnlich. Nur ist Winkel δ jetzt schon gegeben, daher aus E_3 nur die Parallele $E_3 V_3$ zu ziehen, womit der Voreinströmungspunkt V_3 bestimmt ist. Die äussere Deckung e_3 fällt beträchtlich kleiner aus als e_2 , auch wird der Kanalrand A_3 viel weiter überschritten als drüben. Die innere Deckung i_3 ist hier $= i_2$ gemacht, damit der Schieberspiegel nicht unsymmetrisch ausfalle; aus demselben Grunde ist die Stegbreite $b_3 = b_2$ gemacht. Bei der Wahl von $b_2 = b_3$ besteht eine gewisse Willkür; es ist nun so zu verfahren, dass der ganz einwärts getretene Schiebertrand eine genügend scheinende Fläche des Steges noch bedeckt hält. Die Punkte J_2' und J_3' geben noch etwas nicht Unwichtiges an, nämlich die Zeitpunkte des Wiederverschliessens des Auswegs IV. Die bezüglichen Kolbenstellungen C^{IV} und C^V sind nicht symmetrisch, eben wegen des Umstandes, dass wir $i_3 = i_2$ gemacht haben. Die Einsperrung beginnt demzufolge rechts früher, als links, so dass auch die Drückung des Dampfes beim Rechtsschub stärker ausfällt, als beim Linksschub, was aber nicht schädlich ist.

Die hier geschehene Berücksichtigung des Verhältnisses $l:r$ ist ganz leicht. Man könnte ähnlich auch $l_1:r_1$ berücksichtigen, allein die Abweichungen sind für gewöhnlich vernachlässigbar klein. Es sei noch bemerkt, dass bloss des Verständnisses wegen hier die 1.3 waagrecht gestellt

worden ist; bei Entwürfen wird die Lage des Schieberspiegels massgebend sein.

Fig. 1025.



Das Zeuner'sche Diagramm für den vorliegenden Fall wird wie folgt erhalten, s. Fig. 1025.

Der Kreis mit $1 C_0$ stellt wie vorhin die beiden zusammengelegten Warzenkreise vor. Winkel $C_0 1.2 = C' 1.2' = 90 - \delta$ gemacht, darauf werden mit den Deckungen e und i ,

welche hier für beide Schieberenden wie üblich gleich gross gehalten sind, Kreise um 1 beschrieben, desgleichen einer mit $e + a$. Sodann wird über 1.2 und $1.2'$ als Durchmesser je ein Kreis geschlagen. Man nennt diese beiden Kreise die Schieberkreise. Sie geben in den Fahrstrahlen ihrer Punkte die Entfernungen der Schieberländer von deren mittleren Stellungen

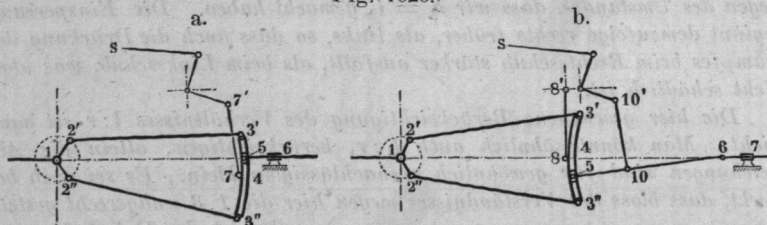
an. Bei der Kurbelstellung $1V_2$ z. B. beginnt für den Linksschub die Vor-einströmung, bei $1E_2$ die Absperrung, bei $1J_2$ die Vorausströmung u. s. w. *).

Das Zeuner'sche Diagramm zeigt die gesuchten Abstände nach Polar-koordinaten, das meinige nach Parallelkoordinaten. Streng genommen müssten beim Zeuner'schen Bilde die Kreise 1.2 und 1.2' aufeinander-liegen, die Fahrstrahlen von 1.2' dabei negativ gemessen werden. Der Uebersicht zuliebe hat Zeuner die dargestellte Lage gewählt.

Aus dem Vorgeführten folgt, dass man durch Veränderung von Exzenterhub und Voreilwinkel den Expansionsgrad verändern kann. Dies lässt sich so weit treiben, dass der Drehungssinn umgekehrt ausfällt, oder, wie man es nennt, Umsteuerung ein-tritt. Man benutzt eine Reihe von Umsteuerungsgetrieben, bei welchen durch Verstellung eines Hebelwerks, des Stellzeuges, die erwähnten Veränderungen erzielt werden. Die praktisch wichtig-sten, bei welchen sämtlich die sogenannte Kulisse oder Schleife zur Verwendung kommt, seien hier kurz vorgeführt **).

1. Beispiel. Fig. 1026 a. Schleifbogensteuerung von Stephenson. Zwei gleiche Exzenter geben der nach 2' 3' = 2'' 3'' auswärts gekrümmten

Fig. 1026.



Schleife 4 an ihren Enden schwingende Bewegung, während deren Sym-metriepunkt 7 um die Achse 7' am Stellzeuge 7' S pendelt. Die Schleife treibt mittelst des Gleitsteines 5 die bei 6 geführte Schieberstange.

2. Beispiel. b Schleifbogensteuerung von Gooch. Schleife 4 be-trieben wie vorhin, aber einwärts, nach 5.6, gekrümmt, pendelt mit ihrem Symmetriepunkt 8 um die feste Achse S', während die Koppel 5.6 mit ihrem Punkte 10 um die Achse 10' am Stellzeug 10' S schwingt.

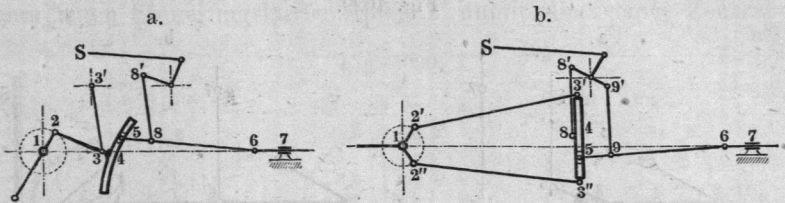
3. Beispiel. Fig. 1027 a Schleifbogensteuerung von Pius Fink. Der Schleifbogen der vorigen Steuerung wird, statt durch zwei, durch ein einziges Exzenter schwingend bewegt. Diese einfache Bauart ist weit weni-ger angewandt, als sie wohl verdient.

*) Es ist üblich, den Schieber symmetrisch zu gestalten, d. i. $e_3 = e_2$ zu machen. Damit erhält man aber beträchtlich verschiedene Absperrungs-beginne für die beiden Schübe.

**) Näheres bei Zeuner a. a. O., 1888, 5. Aufl. S. ferner Gustav Schmidt, Die Kulissensteuerungen, Zeitschr. d. österr. Ing.- u. Arch.-Vereins 1866, Heft II; auch: Fliegner, Ueber eine Modification der gebr. Lokomotiv-steuerungen, Schweiz. Bauzeitung 1883, März, S. 75.

4. Beispiel. Fig. 1027 b Schleifensteuerung von Allan (Trick). Die Schleife 4 aus Beispiel 1 und 2 gerade gemacht, dafür aber sowohl der

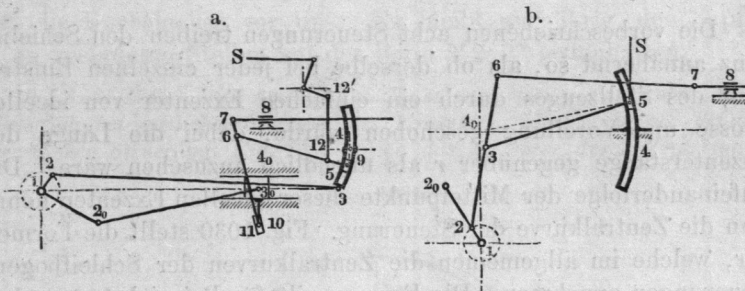
Fig. 1027.



Symmetriepunkt 8 der Schleife, als der Punkt 9 der Koppel je um die Achsen S' und $9'$ am Stellzeuge pendeln gelassen*).

5. Beispiel. Fig. 1028 a. Schleifbogensteuerung von Heusinger. Die Schleife 4 schwingt, durch ein Exzenter betrieben, um eine feste Mittel-

Fig. 1028.



achse 9; als zweites Exzenter wirkt die Kurbel 1.2_0 mit Pleuelstange $2_0 3_0$ und Querhaupt 4_0 , welches durch $10.11.6.7$ auf die Schieberstange einwirkt, was auch die Schleife mittelst 5.6 thut, während Punkt 12 der Koppel 5.6 um die Achse $12'$ am Stellzeuge pendelt.

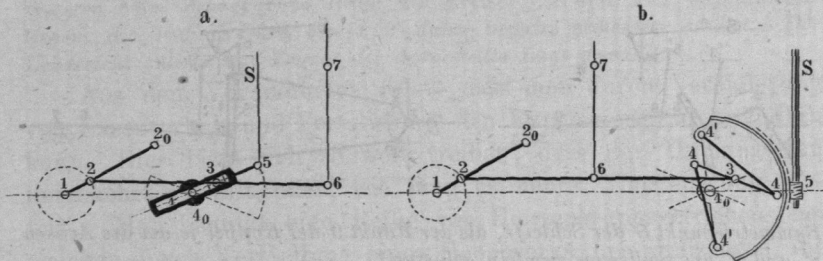
6. Beispiel. b Schleifbogensteuerung von Klug (in England Marshall'sche Steuerung genannt). Der Schleifbogen 4 steht fest. Exzenter 1.2 bewegt den bei 6.7 auf den Schieber wirkenden Hebel $2.3.6$, welcher mit seinem Punkte 3 um die vom Stellzeug festgehaltene Achse 5 des Gleitsteines pendelt. In den Ausführungen findet man gewöhnlich statt der Schleife 4 einen Lenker $4_0 5$ angewandt, dessen Achse 4_0 mit derjenigen der dargestellten Schleife zusammenfällt; das macht aber keinen Unterschied, da die Bogenschleife überhaupt nur eine äusserliche Gestaltung einer derartigen Lenkereinrichtung ist**).

*) S. Reuleaux, die Allan'sche Kulissensteuerung, Civ.-Ing. 1857, S. 92.

***) Ueber die K.'sche Steuerung s. Berliner Verhandl. 1877, S. 345; 1882, S. 52; Engineering 1880, Aug. 13., Okt. 1., Dez. 3.; 1881, Nov. 4.; 1882, Juni 23.; 1885, Febr. 6. und 27.; 1886, Jan. 12.; 1887, Sept. 9. Engineer 1887,

7. Beispiel. Fig. 1029 a Brown'sche Steuerung. Die Bogenbewegung des Punktes 3 der vorigen Steuerung durch Schub in gerader Schleife ersetzt.

Fig. 1029.



8. Beispiel. b Ängström'sche Steuerung. Punkt 3 der vorigen Steuerung durch eine (Wattische) Gelenkgeradführung geleitet, Punkt 6 zwischen die Punkte 2 und 3 anstatt ausserhalb 2.3 verlegt*).

Die vorbeschriebenen acht Steuerungen treiben den Schieber ganz annähernd so, als ob derselbe bei jeder einzelnen Einstellung des Stellzeuges durch ein einfaches Exzenter von ideeller Grösse und Voreilung geschoben würde, dabei die Länge der Exzenterstange gegenüber r als unendlich anzusehen wäre. Die Aufeinanderfolge der Mittelpunkte dieser ideellen Exzenter nennt man die Zentralkurve der Steuerung. Fig. 1030 stellt die Formen dar, welche im allgemeinen die Zentralkurven der Schleifbogensteuerungen annehmen. Die Form *a* gilt für Beispiel 1, 4 und 5, Form *b* für Beispiel 1, wofern die Exzenterstangen gekreuzt angeordnet werden, Form *c*, wo die Kurve eine Gerade ist, für die Beispiele 2, 3 und 6 bis 8. Bei dieser letzteren Form wird die

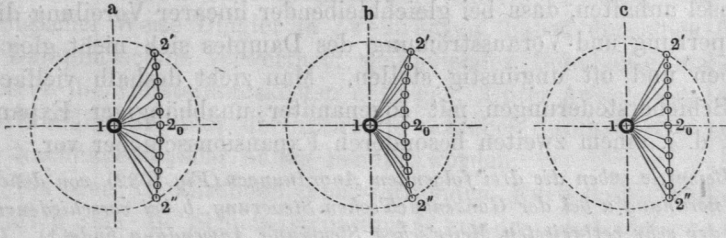
Mai 26.; 1883, Febr. 23., März 30., April 27., Juni 29.; 1885, Juni 5; Marine-Engineer 1885, Nr. 1; Civ.-Ing. 1882, Heft 7 und 8; Zeitschr. D. Ing. 1885, S. 289; 1886, S. 509 und 625; Revue universelle 1882, S. 421; Busley, Schiffsmaschine I, S. 454; Konr. Hartmann, Schiffsmaschinendienst, Hamburg 1884, S. 53; Blaha, Steuerungen der Dampfmasch., Berlin 1885, S. 65.

*) Die letztbesprochenen Steuerungen und ihre Verwandten werden in England „radiale“ genannt. Siehe Engineer 1883, Febr. 23., Graham, On Radial Valve Gears. Für den Kinematiker sei darauf hingewiesen, dass der Brown'sche und der Ängström'sche Mechanismus auf $(C''_3 P \pm)^{\frac{d}{2}}$, in der Mittelstellung $(C'_3 P \pm)^{\frac{d}{2}}$ hinauslaufen, wobei Punkt 6 dem Gliede *b* angehört. Prof. Brauer hat schon früher a. a. O. gezeigt, dass Klug's Mechanismus auf $(C''_4)^{\frac{d}{2}}$ beruht, wobei 6 ebenfalls *b* angehört.

Eröffnung für die Voreinstromung, die sogenannte lineare Voreilung, konstant, was Manche als besonders wichtig erachten.

Man kann nun Hemmwerksteuerungen auch so herstellen, dass man einen Steuerungskurbelzapfen $2'$ unmittelbar einer Zentral-

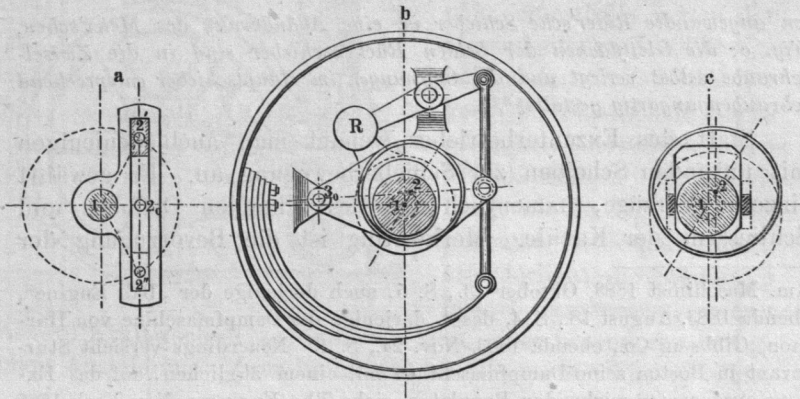
Fig. 1030.



kurve entlang verstellbar anbringt, wie z. B. in Fig. 1031 angedeutet ist. Wir hätten denn hier die Schleife endlich auch drehbar um die Kurbelachse vor uns. Es bleibt nur übrig, den Zapfen $2'$ an geeigneten Stellen auf der Bahn $2'2''$ festzuhalten.

9. Beispiel. Dies geschieht z. B. so wie unter *c* angedeutet, durch Keilschub bei seitlicher Stützung des Exzenters, oder auch wie bei der Sweet'schen Steuerung, Fig. 1031 *b*, wo das Exzenter durch Zentrifugal-

Fig. 1031.



kraft einer Regulatormasse *R* in die geeignete Lage gebracht und darin erhalten wird*). Es ist nur Benutzung der Zentralkurve von $2'$ bis 2_0

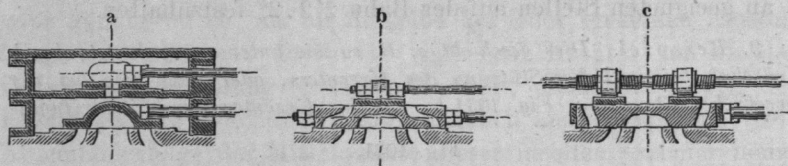
*) Eine Darstellung der Sweet'schen Steuerung siehe bei Rose, Mechanical Drawing selftaught, Philadelphia, Baird, London, Sampson Low, 1883, S. 293; ein sehr ähnlicher Mechanismus ist der des Grist'schen Regulators,

vorausgesetzt. Hier wird wiederum die Bogenschleife, aber in der bei der Klug'schen Steuerung besprochenen Form eines Lenkers, benutzt. Der Schieber ist entlastet, überhaupt die Reibung aufs Geringste herabgezogen.

So vorthellhaft sich die letztbeschriebenen Steuerungen wegen ihrer Einfachheit gestalten lassen, so bleibt ihnen doch der Nachtheil der einschieberigen Steuerungen mit starkem Expansionswechsel anhaften, dass bei gleichbleibender linearer Voreilung die Einsperrung und Vorausströmung des Dampfes sich nicht gleich bleiben und oft ungünstig stellen. Man zieht deshalb vielfach die Schiebersteuerungen mit sogenannter unabhängiger Expansion, d. i. einem zweiten besonderen Expansionsschieber vor.

Beispiele geben die drei folgenden Anordnungen (Fig. 1032), von denen die Anordnung a bei der Gonzenbach'schen Steuerung, b bei verschiedenen, c bei der sehr verbreiteten Meier'schen Steuerung Anwendung findet*). In Frankreich ist die Farcot'sche Steuerung mit zwei Schleppschiebern auf dem Hauptschieber, in Amerika die treffliche von Porter-Allen mit zwei von Exzentern betriebenen Rückschiebern sehr verbreitet. Der nicht sel-

Fig. 1032.



ten angewandte Rider'sche Schieber ist eine Abänderung des Meier'schen, Fig. c; die Gleitflächen der beiden Rückschieber sind in die Zwischenschraube selbst verlegt und die Oeffnungen im Hauptschieber entsprechend schraubengangartig gestaltet**).

Statt des Exzenterbetriebes wendet man auch denjenigen mit unrundern Scheiben zur Schieberbewegung an. Er gewährt einzelne Vorzüge, namentlich den des schnellen Oeffnens und Schliessens der Kanäle. Merkwürdig ist die Bevorzugung der

Am. Maschinist 1883, Oktober 13., S. 5, auch derjenige der „Ball Engine“, ebenda 1883, August 18., S. 4, desgl. derjenige der Dampfmaschine von Harmon, Gibbs u. Co., ebenda 1883, Nov. 24., S. 1. Neuerdings versieht Sturtevant in Boston seine Dampfmaschinen mit einem ähnlichen, auf das Expansionsexzenter wirkenden Regulator, siehe The Engineer, New-York 1888 Jan., S. 5.

*) Eine recht gute Steuerung mit zwei Schiebern ist die Bilgram'sche, welche von einem Exzenter aus beide Schieber bewegt. Siehe Bilgram, Slide valve gears, Philadelphia, Claxton, 1878, S. 119.

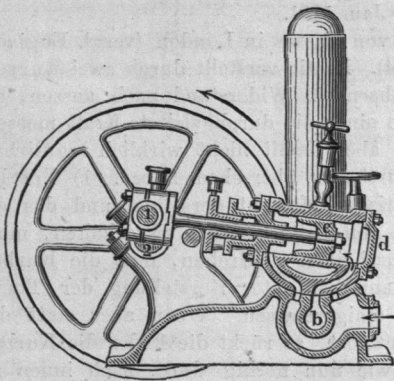
***) Sehr hübsches Beispiel für den Kinematiker, die Wegminderung zweier Glieder einer kinematischen Kette darstellend; siehe meine Theor. Kinematik, S. 333.

unrunden Scheiben vor den Exzentrern auf den Dampfzylindern der westlichen und südlichen Gebiete der Vereinigten Staaten.

In seiner ursprünglichen, der Hahnform, auch in Plankegelform, kann der Schieber die Steuerung auch unter Fortdrehung statt unter Kehrdrehung bewirken; man nennt ihn dann einen rotirenden Schieber oder Drehschieber. Einzelne Firmen, z. B. in vorzüglicher Weise Dingler in Zweibrücken, haben denselben für die Dampfmaschine verwerthet; weitgehender Benutzung stehen indessen die Herstellungskosten entgegen. Unter Anwendung von Kehrdrehung ist aber der rotirende Schieber durch Corliss und ihm Nachfolgende sehr häufig benutzt worden.

Bei den oscillirenden und rotirenden Kurbelkapselwerken gestalten sich die Schiebersteuerungen entsprechend anders, als bei denjenigen aus dem Schubkurbelgetriebe, welches wir in Fig. 1023 voraussetzten. Als Beispiel sei die Wassersäulenmaschine von Schmid in Zürich angeführt, Fig. 1033. Hier ist der Schieber *b* mit dem Gestell der Maschine fest verbunden ausgeführt und hat die aus Fig. 987 *c* hervorgehende Form.

Fig. 1033.



Die Gangregelung der Wasserdruck-Drehmaschinen ist ungleich schwieriger als die der Dampfmaschinen, einestheils wegen der Massigkeit der Treibflüssigkeit, andernteils wegen der geringen elastischen Nachgiebigkeit derselben. Ein Windkessel in der Zuleitung, wie in Fig. 1033 angedeutet, ist deshalb immer erforderlich; die Steuerung bedarf ausserdem, wenn

stärkere Kraftwechsel zu erwarten sind, einer besonderen bezüglichen Ausbildung. Zwei Bauarten derselben seien hier erwähnt.

10. *Beispiel.* Will man Absperrung vor Hubschluss eintreten lassen, so hat man durch geeignete Ventile nach Abschliessung der Obersäule a_1 sofort die Untersäule a_2 zutreten zu lassen. Hoppe (Berlin) hat dieses System vorzüglich durchgebildet und in schönen Ausführungen, u. a. auf den Mansfelder Gruben und im Frankfurter Centralbahnhof verwirklicht; dasselbe erfordert eine ausserordentliche Genauigkeit der Herstellung.

11. *Beispiel.* Ein zweites Mittel besteht in einer dem Kraftbedarf angepassten Hubverstellung. Vorzüglich gelungen sind die bezüglichen Aus-

führungen von Franz Helfenberger in Rorschach). Dieser verstellt den Kurbelarm durch ein Wasserspannwerk, welches in der Kurbelscheibe liegt und durch einen von zwei Vorstössen nach Bedarf ausgelöst wird, wenn die Maschine in den äusseren Todpunkt tritt. Das Wasserspannwerk ist doppeltwirkend und verstellt, vom Regulator entsprechend ausgelöst, die Kurbelwarze nach ein- oder auswärts, wenn die Maschine zu schnell oder zu langsam geht. Diese arbeitet sehr günstig; sie gibt gemäss genaueren Versuchen 90 bis 82 Proz. Nutzwirkung bei Kraftwechseln von 1 bis $\frac{2}{5}$. (Vergl. die Versuche, welche die Herren Autenheimer, Buss und Kuratli im Januar 1885 an einer Helfenberger'schen Maschine angestellt)**).*

Eine neuerdings zur Geltung kommende vierte Bauart ist die von Rigg. Sie regelt den Gang auch durch Hubverstellung. Die Maschine ist ein aus der „rotirenden Kurbelschleife“ gebildetes Kapselwerk (vergl. meine theor. Kinematik, S. 359) mit vier einfachwirkenden Kolben in ebensoviel Cylindern angebracht wie bei den Bauarten von Ward, Schneider und Mouline. Die Hubverstellung geschieht durch den Regulator, welcher Sweet'scher Bauart ist (s. S. 951) mittelst eines hydraulischen Hemmwerkes, welches den Abstand a je nach Bedarf kleiner oder grösser stellt. Dieselbe Maschine wendet Rigg auch für Betrieb durch Dampf-

*) D. R. P. Nro. 12018 vom 27. Jan. 1881.

**) Ein drittes System ist das von Hastie in London (vergl. Engineer 1878 August, und 1880 April, S. 304). Hastie verstellt durch zwei Kurvenscheiben die Kurbelwarze bei wachsendem Widerstand nach aussen, bei abnehmendem nach innen mit Hülfe einer die durchgeleitete Kraft messenden Spiralfeder. Die Maschine ist aber damit nicht wirklich regulirbar, aus zwei Gründen, welche die Beurtheiler übersehen haben. 1) Um bei wachsenden Widerständen das statische Moment derselben und das die Kurbel treibende statische Moment (im Mittel) gleich zu erhalten, muss die kraftmessende Feder die Kurvenscheiben so drehen, dass die Kurbelwarze nach aussen rückt. Dies kann bei guter Herstellung der Theile einigermaßen gelingen, aber nur einigermaßen. Wenn aber statt des Widerstandes die treibende Kraft wächst, so rückt die Feder die Kurbelwarze ebenfalls hinaus, statt sie, wie nun nöthig wäre, nach innen zu rücken. Umgekehrt wird der Fehler beim Abnehmen der Triebkraft. 2) Die Winkelschnelle einer Maschine ist nicht eine Funktion der übertragenen Kraft, d. h. die Maschine wird schnell oder langsam laufen, je nachdem die Bewegung eingeleitet worden ist, wie auch die Praxis an der Maschine gezeigt haben muss und an verwandten Maschinen schlagend gezeigt hat. Man begegnet noch recht oft dem Irrthum, dass „dynamometrische Regulirung“, wie sie hier vorliegt, jede andere übertreffe, indem sie „den Fehler verbessere, ehe derselbe auf die Maschine habe wirken können“. Das ist aber, wie gezeigt, ein Irrthum, welcher übrigens verzeihlich ist, denn selbst Poncelet ist die Fehlerhaftigkeit der Schlussfolgerung entgangen (siehe den dynamometrischen Regulator von Poncelet in dessen „Lehrbuch der Anwendung der Mechanik auf Maschinen“, deutsch von Schnuse, Darmstadt 1848, S. 84).

und durch Luftkraft an, wobei aber Expansionsveränderung zum Regeln dient. Diese letzteren Maschinen sollen bis 2000 minutliche Umläufe machen, ohne Erschütterungen zu äussern*).

Neben den mannigfachen Bauarten der Drehmaschinensteuerungen, die wir bereits betrachtet haben, stehen nun noch die demselben Zweck dienenden Spannwerksteuerungen. Von diesen war bereits oben, §. 252, bei den Spannwerken ausführlicher die Rede. Ihr Formenreichthum ist ausserordentlich gross. Bei ihnen hat man den Schieber in die vier Ventile, aus welchen wir ihn S. 907 bestehend fanden, wieder aufgelöst, augenscheinlich der Leichtigkeit wegen, mit welcher man den Regulator auf die Absperrung hin einwirken lassen kann. Den Spannwerksteuerungen haben sich dann wieder andere von ähnlicher Wirkung auf die aus der Viertheilung hervorgegangenen Ventile angeschlossen; man hat sie zwangläufige Steuerungen genannt, was auch schon die gewöhnlichen Schiebersteuerungen mit einfachem Exzenter sind. Durch diese Bauarten wurde der Formenreichthum noch vergrössert**). Es kann wohl nicht bezweifelt werden, dass hier des Guten zu viel gethan worden ist, wenn man erwägt, dass der ganze grosse Mechanismenaufwand kein anderes Ziel hat, als die Lösung und Schliessung von vier Gesperren eines Hemmwerkes. Vielfach sind auch die Wirkungen der „Präzisionssteuerungen“, unter welchem Namen man die beiden letzten Steuerungs-Bauarten zusammengefasst findet, überschätzt worden. In Amerika, wo die Mode hergekommen, ist sie bereits als solche überwunden, ihre Anwendung auf ein gewisses Mass herabgesetzt. Man ist wiederholt zu dem Muschelschieber wieder zurückgekehrt, dem man aber die grösste Sorgfalt hinsichtlich Entlastung und Betreibung widmet.

Anmerkung. Eine hie und da in Deutschland übliche Unterscheidung der Steuerungstheile wird im Vorstehenden vielleicht vermisst. Es ist diejenige der „inneren“ und „äusseren“ Steuerung. Sie ist hier nicht angewandt worden, weil sie als unwissenschaftlich angesehen werden muss. Es bedingt keinen Unterschied in der mechanischen Wirkung der Steuerungstheile, ob sie auswendig an der Maschine oder im Innern derselben angebracht sind, und dieselben Theile liegen gelegentlich auswendig oder auch inwendig, je nachdem es die anderweitige Bauart mit sich bringt, oder

*) Siehe Rigg, *Obscure Influences of Reciprocation in High Speed Engines*, in den *Transactions of the Soc. of Engineers* 1886, danach *Engineer* 1886, Juni 4. Für die Hochdruckluftbetriebe in Birmingham und Leeds wird die Rigg'sche Maschine eine ausgedehnte Anwendung finden.

**) Beim Deutschen Patentamt sind bis jetzt (1888) etwas über 500 Patente auf Dampfmaschinensteuerungen genommen worden.

