

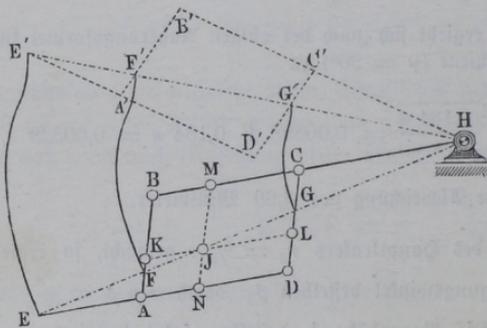
$$b = r_2 + 0,6667 r_2 - (1 + 1,563) \frac{0,0572}{2} r_2 = (1,6667 - 0,0733) r_2$$

$$= 1,5934 r_2 \text{ und}$$

$$a = r_2 \sqrt{0,4270^2 - 0,0733^2} = 0,4206 r_2.$$

§. 104. **Parallelogrammführungen.** Bei den Dampfmaschinen handelt es sich sehr häufig um die Geradföhrung von mehreren Kolbenstangen, namentlich neben der der Dampfkolbenstange um diejenigen von Pumpenstangen. Es genügt in solchen Fällen immer, durch irgend eins der im Obigen besprochenen Mittel einer einzigen Stange eine Geradföhrung zu ertheilen, indem es mittelst des in der Technik mehrfach angewendeten sogenannten Storchschabelmechanismus sehr leicht ist, von dieser einen Geradföhrung beliebig viele andere für ebenso viele Stangen abzuleiten. Hiervon erlangt man durch folgende Betrachtung eine Anschauung. Sei $ABCD$, Fig. 390 oder 391, ein aus geraden Stangen gebildetes, in den vier Ecken mit Scharnieren

Fig. 390.



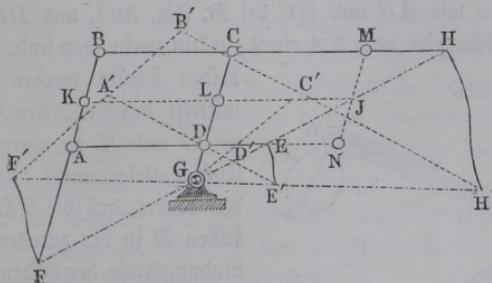
ausgestattetes Parallelogramm, und denke man dasselbe durch eine beliebige, einer Seite nicht parallele, gerade Transversale FH geschnitten, so haben die vier Schnittpunkte E, F, G, H dieser Transversale die merkwürdige Eigenschaft, daß, wenn irgend einer dieser Punkte zu einem

festen gemacht wird, um welchen das ganze System sich drehen läßt, die Bahnen der übrigen drei Punkte ähnliche Curven sind, welche den festen Drehpunkt zum äußeren oder inneren Ähnlichkeitspunkte haben, je nachdem diese Punkte auf der Transversale auf derselben oder entgegengesetzten Seiten des Drehpunktes gelegen sind. Dabei ist es ganz gleichgültig, ob die Transversale zwei Seiten des Parallelogramms direct und die andere in ihren Verlängerungen schneidet, wie in Fig. 390, oder ob, Fig. 391, sämtliche Parallelogrammseiten in ihren Verlängerungen getroffen werden. Man kann daher die Transversale auch durch einen Eckpunkt des Parallelogramms geführt denken.

Die Richtigkeit obiger Behauptung ergibt sich sofort, wenn man bedenkt, daß der Parallelismus der gegenüberliegenden Seiten AB und DC sowie

AD und BC bei der vorausgesetzten Bewegung um einen der Punkte der Transversale unter allen Umständen erhalten bleiben muß, wie groß man auch diese Bewegung annehmen möge. Dies vorausgesetzt, folgt aber dann nach einfachen geometrischen Gesetzen, daß die Abstände des festgehaltenen

Fig. 391.



nen Punktes von den übrigen Schnittpunkten der Transversale mit den Parallelogrammseiten stets in einem unveränderlichen Grundverhältnisse stehen, wodurch die Eigenschaft des festgehaltenen Punktes als Ähnlichkeitsmittelpunkt für die Bahnen der übrigen

Schnittpunkte festgestellt ist. Denkt man z. B. den Punkt G , Fig. 391, festgehalten, und sei das ganze System $FABCHED$ in die beliebige Lage $F'A'B'C'H'E'D'$ gebracht, so hat man wegen des steten Parallelismus der Stangen z. B.

$$GE : GH = DE : CH = e : h \text{ und}$$

$$GE' : GH' = D'E' : C'H' = e : h.$$

Ebenso ist auch

$$GF : GH = CB : CH = b : h \text{ und}$$

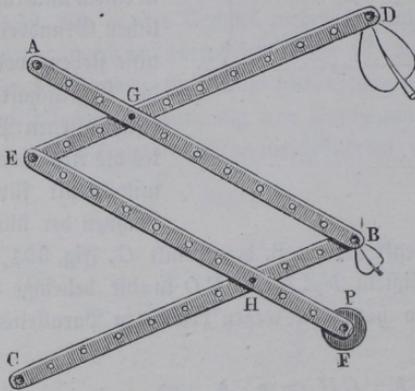
$$GF' : GH' = C'B' : C'H' = b : h.$$

Während daher der festgehaltene Punkt G in Fig. 391 als äußerer Ähnlichkeitspunkt zu den von E und H beschriebenen Curven fungirt, ist er innerer Ähnlichkeitspunkt zwischen den Bahnen von F und H sowie denen von F und E . In Fig. 390 ist der Drehpunkt H äußerer Ähnlichkeitspunkt für die Bahnen aller anderen Schnittpunkte.

Es ist auch leicht ersichtlich, daß man irgend einen anderen Punkt wie J der gedachten Transversale ebenfalls veranlassen kann, Curven zu beschreiben, welche mit denen der gedachten Punkte zu demselben Ähnlichkeitsmittelpunkte ähnlich sind. Es genügt dazu offenbar, den betreffenden Punkt J durch eine Stange KLJ oder MJN parallel zu einem Paar der Parallelogrammseiten mit dem anderen Paar durch Scharniere in Verbindung zu bringen. Der Beweis für die Richtigkeit dieser Bemerkung ergibt sich sofort, wenn man jetzt z. B. von dem Parallelogramm $KBCL$ ausgeht, wofür die Transversale die Schnittpunkte F, G, J, H liefert u. s. f.

Auf dieser vorstehend besprochenen Eigenschaft des Gelenkparallelogramms beruht der unter dem Namen Storchschnabel oder Pantograph bekannte Mechanismus, welcher in den graphischen Künsten zum Copiren von Zeichnungen und Modellen in verändertem Maßstabe häufigere Anwendung findet. In seiner einfachsten Gestalt besteht ein solcher Pantograph zum Gebrauche für Kupferstecher zc. aus vier dünnen Schienen von Metall oder Holz, von denen je zwei wie AB und BC bei B , Fig. 392, und DE und FE bei E durch ein Scharnier nach Art eines Zirkels verbunden sind. Diese

Fig. 392.



beiden Theile werden dann mittelst durchgesteckter Stifte bei G und H zu einem Gelenkparallelogramm verbunden derart, daß die Ecke desselben B in der geraden Verbindungslinie der beiden Endpunkte F und D liegt. Man erreicht dies einfach dadurch, daß man $DG : DE = BG : FE$ macht, zu welchem Ende auf den Schienen in gleichen Abständen Löcher angebracht zu sein pflegen, die durch eine entsprechende Nummerirung bezeichnet sind. Der

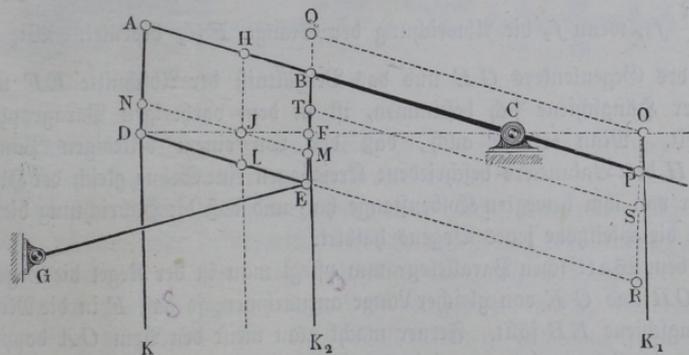
Endpunkt F ist nun um einen Stift drehbar, welcher aus einer kleinen, auf dem Arbeitstische festliegenden Platte P herausragt, während in D ein Führungsstift, in B ein zeichnender Stift angebracht ist. Führt man nun die Spitze des Stiftes D auf einer Vorzeichnung herum, so ist es klar, daß der zeichnende Stift B eine Copie der Vorlage in dem Verkleinerungsverhältniß $FH : FE$ oder $BH : DE$ auf der Arbeitsplatte entwirft. Bei Stichtmaschinen wendet man diesen Apparat derart an, daß man mit dem Punkte B den Rahmen verbindet, in welchem das zu bestickende Zeug aufgespannt sich findet, so daß die an einer und derselben Stelle hin- und hergehenden Nadeln sämmtlich auf dem Stoffe verjüngte Copien desjenigen Musters sticken, auf dessen Contouren der Stift D durch den Arbeiter herumgeführt wird. Denkt man endlich in F ein Kugelscharnier angebracht, welches die beliebige Bewegung des Apparats im Raume um F herum gestattet, so läßt sich dieser Apparat zum Copiren von körperlichen Gegenständen, wie Büsten zc., verwenden, wobei natürlich der zeichnende Stift in B durch ein schneidendes Werkzeug, etwa eine Fräse, ersetzt wird.

In dem vorliegenden Falle handelt es sich, wie oben bemerkt, um eine

Copirung geradliniger Bewegungen, und es ist aus dem Vorstehenden so gleich die Möglichkeit einer solchen ersichtlich. Denkt man sich bei einem Storchschnabel, wie Figur 391, einen der bewegten Punkte der gedachten Transversale, etwa E , in gerader Linie geführt, wozu irgend welche der vorgedachten Geradföhrungen dienen kann, so werden auch alle übrigen Punkte wie H, J, F u. s. w. gerade Linien parallel zu der Bahn von E durchlaufen. Es ist auch ohne Weiteres wegen der Ähnlichkeit der Figuren klar, daß die Hubhöhen aller auf diese Weise geföhrten Punkte sich zu einander verhalten, wie die Abstände dieser Punkte von dem festen Drehpunkte G . Wenn ferner die Bahn des geföhrten Punktes E nur annähernd eine Gerade ist, so gilt dies selbstverständlich auch von den Bahnen aller übrigen durch den Storchschnabel geföhrten Punkte wie H, J, F , und es folgt ebenfalls aus der Ähnlichkeit der Bahnen, daß die linearen Abweichungen von der geraden Linie bei den verschiedenen Punkten sich gleichfalls wie die Abstände dieser Punkte von dem festen Drehpunkte verhalten.

Eine der vorzüglichsten Geradföhrungen für größere Dampfmaschinen mit Balancierübertragung ist das nach seinem Erfinder sogenannte Watt'sche Parallelogramm. Diese Einrichtung besteht im Wesentlichen aus einer Combination einer einfachen Gegenlenkerföhrung mit einem Parallelogramm, und gestattet die Geradföhrung mehrerer Kolbenstangen. Ist nämlich AC , Fig. 393, der eine Arm des schwingenden Balanciers, der an seinem Ende

Fig. 393.



A die Bewegungen der geradlinig auf- und niedergehenden Kolbenstange DK aufnehmen soll, so ist zunächst durch das Gegenlenkerpaar CB und GE mit Hülfe der Hängschiene BE ein Punkt F nahezu gerade geföhrte. Mit diesem Punkt wird meistens die Kolbenstange der Luftpumpe verbunden, während man die Dampfkolbenstange mit dem vierten Eckpunkte D des zu ABE construirten Parallelogramms vereinigt. Nach dem Vorhergehen=

den muß natürlich dieses Parallelogramm so gewählt sein, daß die vierte Ecke D mit F und C in gerader Linie liegt. Handelt es sich, wie bei Woolf'schen Dampfmaschinen mit zwei Dampfsylindern, um Führung einer weiteren Kolbenstange, so kann dieselbe, wie schon oben gezeigt, in irgend einem Punkte J der Transversale CD eingehangen werden, wenn man nur durch J entweder eine Schiene wie HL parallel den Hängschiene, oder eine solche MN parallel dem Balancier anordnet. Wenn die zu führende Stange jenseit des Balanciermittelpunktes gelegen ist, z. B. in OK_1 , so hat man ebenfalls den in der Transversale DC liegenden Punkt O dadurch gerade zu führen, daß man von diesem Punkte etwa die Schiene OP parallel BE nach dem Balancier und die Stange OQ parallel mit dem Balancier nach der verlängerten Hängschiene EB führt. Es ist indessen ebenso ersichtlich, daß man anstatt der beiden Verbindungsglieder OP und OQ auch diejenigen OPR und ER , oder OPS und ST anwenden kann. Ueberhaupt genügt es für die Geradföhrung des Punktes O , auf denselben einen solchen Zwang auszuüben, daß der Abstand CO zu demjenigen CF stets in demselben constanten Verhältnisse steht.

Bezeichnet wieder s den Kolbenshub der Stange in F und S den Hub derjenigen in D , so hat man

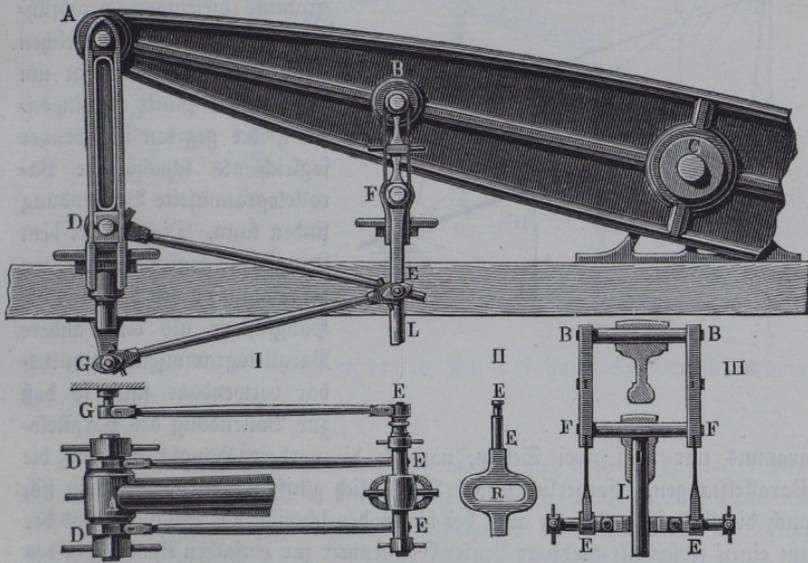
$$s : S = BC : AC = r : R,$$

wenn man die Armlängen BC mit r und AC mit R bezeichnet. Ebenso hat man natürlich die Abweichung f der in D angehängten Stange zu $f = \frac{R}{r} f_2$, wenn f_2 die Abweichung der Stange FK_2 bedeutet. Wie die Länge des Gegenseufers GE und das Verhältniß der Abschnitte EF und BF der Hängschiene sich bestimmen, ist in dem vorherigen Paragraphen entwickelt. Man erkennt auch, daß der von einem beliebigen Punkte A, P, H des Balanciers beschriebene Kreisbogen eine Sehne gleich der Hubhöhe der von ihm bewegten Kolbenstange hat, und daß die Hubrichtung dieser Stange die Pfeilhöhe jenes Bogens halbirt.

Bei dem Watt'schen Parallelogramm pflegt man in der Regel die Gegenseufers CB und GE von gleicher Länge anzunehmen, so daß F in die Mitte der Hängschiene EB fällt. Ferner macht man meist den Arm CA doppelt so groß wie CB , d. h. man giebt der Luftpumpe in F einen nur halb so großen Hub, wie dem Dampfkolben in D . Die Parallelogrammföhrung nimmt unter diesen Voraussetzungen die aus Fig. 394 ersichtlichen Verhältnisse an. Der gußeiserne Balancier CA ist mit seiner Mittelaxe seitlich durch zwei Lager unterstüzt, welche auf einem Rahmenwerke angebracht sind, das gleichzeitig zur Befestigung der Drehzapfen G für die doppelten Gegenseufers GE dient. Für die Verbindung der letzteren mit dem Balancier ist

die Hängschiene *EB* angeordnet, welche ebenso wie die Hängschiene *AD* und die Parallelstange *DE* in zweifacher Ausführung vorhanden ist, um jede seitliche Wirkung auszuschließen. Die Kolbenstangen *K* und *L* sind in die Queraxen *DD* und *FF* eingefeilt, und ist die Traverse *EE*, wie aus II und III ersichtlich, in der Mitte mit einer länglichen Oeffnung *R* versehen, um

Fig. 394.



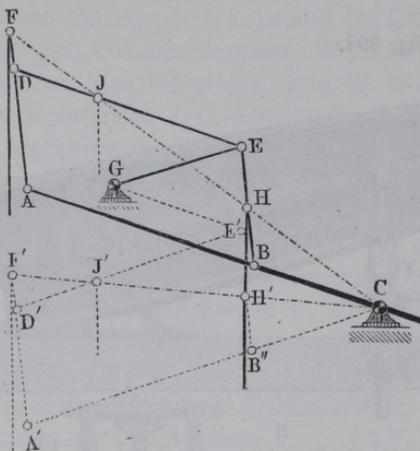
der Kolbenstange *L* ein freies Durchtreten zu gestatten. Zuzolge dieser Gestalt führt diese Ase wohl den Namen Brillenaxe.

Bei den Dampfschiffsmaschinen wendet man häufig einen unten liegenden Balancier an und zwar in doppelter Ausführung, so daß der Dampfcylinder und die Luftpumpe zwischen den beiderseits angebrachten Balanciers und Parallelogrammtheilen liegen, welche Anordnung aus Rücksicht auf den beschränkten Raum gewählt wird. Die Construction ist in diesem Falle durch die Fig. 395 (a. f. S.) veranschaulicht. *CA* ist der Balancier und *CB* und *GE* sind die beiden Gegenlenker, welche den Punkt *H* der Hängschiene geradlinig führen. Das Parallelogramm *ADEB* bewirkt, wie oben gezeigt, eine Geradföhrung der mit *C* und *H* in derselben Geraden liegenden Punkte *F* und *J*, und man kann daher etwa in *F* die Kolbenstange des Dampfcylinders, in *J* die der Luftpumpe und in *H* die der Speisepumpe anschließen.

Wenn eine Stange durch irgend einen anderen Mechanismus als den

Lemniscatenlenker geführt wird, welcher letztere in den vorhergehenden Beispielen immer vorausgesetzt war, so läßt sich das Parallelogramm in derselben Weise verwenden, um aus der vorhandenen Geradföhrung eines

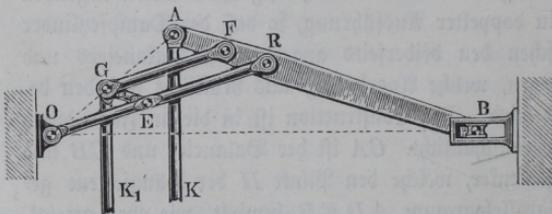
Fig. 395.



Punktes diejenige beliebig vieler anderen abzuleiten. Besonders werden sich indessen zur Anwendung des Parallelogramms diejenigen Geradföhrungen eignen, bei welchen schon von vornherein ein um einen festen Punkt schwingender Hebel gegeben ist, welcher sogleich als schwingende Parallelogrammseite Verwendung finden kann. Dies ist bei dem Lemniscatenlenker der Fall, wo der Balancier als die eine, die Hängschiene als eine andere Parallelogrammseite unmittelbar verwendbar sind, so daß zur Vollendung des Paralle-

gramms nur noch zwei Seiten, nämlich die vordere Hängschiene und die Parallelstangen, erforderlich sind. In ähnlich günstiger Weise verhalten sich auch die Ellipsenlenker, da auch bei diesen der schwingende Balancier und der um einen Festpunkt drehbare Lenker Gelegenheit zur einfachen Anordnung des Parallelogramms gewähren. Die Regel, nach welcher man in allen diesen Fällen mit Sicherheit das Parallelogramm entwerfen kann, ergibt sich ohne Weiteres aus dem Vorhergegangenen. Ist *A*, Fig. 396, der durch den Ellip-

Fig. 396.

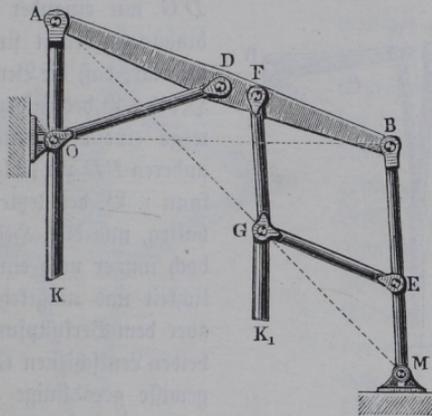


senlenker *ORAB* gerade geföhrte Punkt, so hat man nur nöthig, durch diesen und den festen Drehpunkt *O* des Lenkers eine Gerade *AO* zu legen, und einen gewünschten Punkt *G* derselben durch die Paral-

lelschienen *GE* und *GF* mit dem Lenker und mit dem Balancier zu verbinden. Wenn bei dem Ellipsenlenker zum Ersatz der Coulissenföhrung des Punktes *B* ein Schwingbock *BM*, Fig. 397, angeordnet ist, so ist die Construction in vielen

Fällen noch gemächlicher, wenn man den Drehpunkt M des Schwingbodes als Schwingungspunkt des Parallelogramms $EBFG$ annimmt, indem man

Fig. 397.



die Transversale AM zieht, von der ein Punkt G durch das Parallelogramm gerade geführt wird.

Andere Geradföhrungen. Es mögen hier noch einige andere Mechanismen angeführt werden, bei welchen gleichfalls durch gewisse Combinationen von Hebeln und Lenkstangen annähernd die geradlinige Bewegung eines Punktes erlangt wird. Bei der Lemniscatenföhrung hat man es mit zwei um feste Drehpunkte schwingenden Lenkern oder Hebeln zu thun, deren gegenseitige Bewegungen durch die verbindende Hängschiene oder das Lenkstück von vornherein in bestimmter Weise von einander abhängig sind. Wegen der verschiedenen Krümmung der Bahnen, welche dabei die zwei Anknüpfungspunkte der Hängschiene durchlaufen, liegt die Vermuthung nahe, daß irgend ein dritter Punkt eine Bahn beschreibe, welche annähernd ohne Krümmung, also geradlinig, gewissermaßen den Uebergang bildet zwischen den entgegengesetzt oder doch wenigstens ungleich gekrümmten Bahnen jener besagten Anknüpfungspunkte. Auch bei dem angenäherten Ellipsenlenker mit Schwingbock treten zwei schwingende Hebel auf, deren freie Enden durch den oscillirenden Balancier verbunden sind, und es kommt auch hier im Wesentlichen darauf an, denjenigen Punkt des verbindenden Gliedes zu finden, dessen Bahn nahezu eine Gerade ist. Es handelt sich also bei Lösung der Aufgabe hauptsächlich um die Feststellung der relativen Lage der einzelnen Punkte zu einander.

Man gelangt aber noch durch eine andere Betrachtung zu einer Reihe von