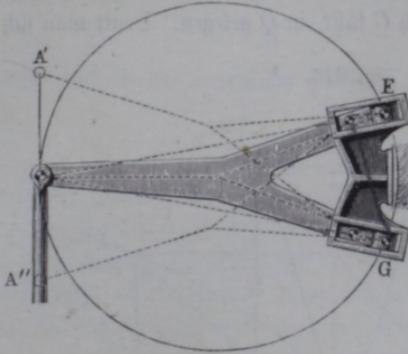


die hinzugefügte dem Schube s entgegengesetzte Bewegung lediglich eine hin- und hergehende Schiebung annehmen.

Einen besondern Fall der vorstehend betrachteten Führung bildet der Neuleaux'sche Dreieckslenker, Fig. 374, bei welchem die beiden geführten

Fig. 374.



Punkte E und G im Umfange des Rollkreises gewählt sind, in Folge dessen dieselben geradlinige nach dem Punkte C hin gerichtete Wege durchlaufen, folglich für sie die Gegenlenker durch geradlinige Coulißen ersetzt werden können.

Conchoidenlenker. §. 101.

Wenn man bei der mehrfach behandelten Bewegungsform einer Geraden AB , von welcher die beiden

Punkte A und B in zwei rechtwinkligen Geraden zu verbleiben gezwungen sind, die veränderte Voraussetzung macht, daß die Gerade AB , Fig. 375 (a. f. S.), nur mit einem ihrer Punkte A in einer geraden Linie AA' sich führt, und andererseits gezwungen ist, stets durch einen festen Punkt B hindurchzugehen, so erhält man eine Anordnung, welche gleichfalls zu verschiedenen Geradenführungen Veranlassung giebt. Um zunächst die dieser angenommenen Bewegung der Geraden AB zugehörigen Polbahnen zu bestimmen, denke man diese Gerade in irgend einer Lage, in welcher sie mit dem normalen Abstände BC des festen Punktes B von der Führungslinie AA' den Winkel $ABC = \alpha$ einschließt. Man findet dann das Momentancentrum oder den Pol für die in diesem Augenblicke eintretende elementare Bewegung in dem Durchschnitte P der beiden Lothe AP und BP , welche man auf den Wegen der Stangenzpunkte A und B errichtet, d. h. wenn man AP senkrecht zu AA' und BP senkrecht zu AB zieht. Die auf solche Weise ermittelten Pole bestimmen die feste Polbahn PBP' , welche, wie leicht zu ersehen, eine Parabel ist, deren Scheitel in dem festen Punkte B liegt, und deren Parameter dem halben Abstände BC gleich ist. Man hat nämlich aus der Figur für die Coordinaten des beliebigen Punktes P , bezogen auf C als Anfangspunkt, wenn die constante Entfernung CB mit a bezeichnet wird:

$$\operatorname{tang} ABC = \operatorname{tang} \alpha = \frac{y}{a}$$

und

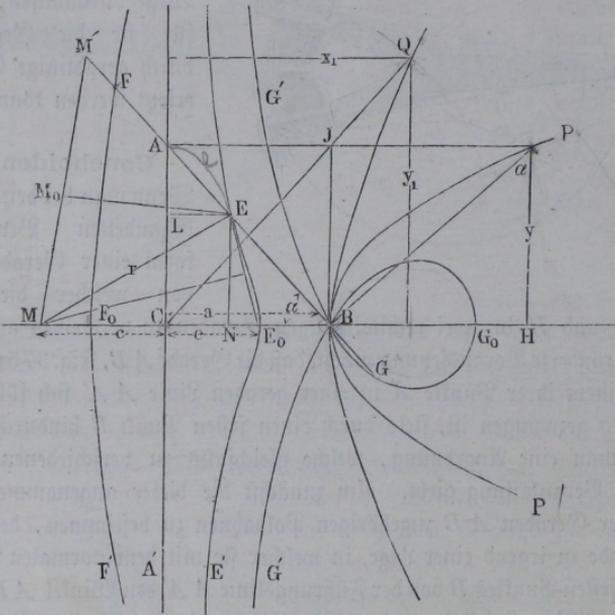
$$\text{tang } B P \Pi = \text{tang } \alpha = \frac{x - a}{y};$$

daher

$$y^2 = a(x - a).$$

Um auch die zugehörige bewegliche Polbahn zu bestimmen, sei der Punkt derselben, welcher mit P zusammentrifft, in derjenigen Systemlage, in welcher der in AA' gerade geführte Punkt nach C fällt, in Q gelegen. Denkt man sich nun

Fig. 375.



mit dem beweglichen System die Gerade QC verbunden, so folgt leicht, daß diese Gerade QC in demjenigen Augenblicke, in welchem Q mit P zusammentrifft, die Lage PA einnehmen muß, so daß man $CQ = AP = x$ hat. Diese Lage hat das bewegliche System aber eingenommen, nachdem dasselbe von seiner Ausgangslage, bei welcher die geführte Gerade in CB gelegen war, um den Winkel $CBA = \alpha$ gedreht worden ist, wodurch die geführte Gerade nach AB geräth. An dieser Drehung um den Winkel α hat natürlich auch die mit dem bewegten Systeme verbundene Gerade CQ theilgenommen, so daß man daraus schließt, daß CQ mit AP oder mit CB in der Anfangslage ebenfalls den Winkel α einschließt. Bezeichnet man nun mit x_1 und y_1 die Coordinaten des Punktes Q , so hat man

$$\operatorname{tang} \alpha = \frac{y_1}{x_1} = \frac{y}{a} \quad \text{oder} \quad \frac{y^2}{a} = a \frac{y_1^2}{x_1^2},$$

ferner

$$CQ = AP = x = \sqrt{x_1^2 + y_1^2}; \text{ daher } x - a = \sqrt{x_1^2 + y_1^2} - a.$$

Da nun aber für die feste Polbahn die Gleichung gilt,

$$\frac{y^2}{a} = (x - a),$$

so erhält man für die bewegliche Polbahn die Gleichung:

$$a \frac{y_1^2}{x_1^2} = \sqrt{x_1^2 + y_1^2} - a.$$

Verfolgt man bei der gedachten Bewegung den Weg irgend eines Punktes, z. B. E, F oder G der Geraden AB , so findet man gewisse Curven EE', FF' und GG' , welche für die Anordnung von Geradsführungen von Interesse sind. Diese Curven lassen sich leicht punktweise construiren, indem man z. B. den Abstand $AE = e$ des betrachteten Punktes von dem gerade geführten Punkte A in hinlänglich vielen Lagen der Geraden AB von A aus anträgt, woraus man ohne Weiteres ersieht, daß diese Curven, welche Lage der Punkt E auch immer haben möge, sämmtlich der Geraden AA' sich beiderseits mehr und mehr nähern müssen, ohne sie jemals zu erreichen, und daß diese Curven bei E_0, F_0, G_0 gewisse Scheitelpunkte haben, in welchen sie ihre concave Krümmung der Führungslinie AA' zuehren. Wenn dabei dieser Scheitel, wie G_0 von der Führungsgeraden AA' aus gerechnet über den Festpunkt B hinaus gelegen ist, d. h. wenn e größer als a genommen worden, so muß dieser Punkt bei der Bewegung offenbar zweimal mit dem Festpunkte B zusammenfallen, daher die schleifenförmige Gestalt der Curve G entsteht. Man nennt diese Curven *Muschellinien* oder *Conchoiden*.

Zu der Gleichung dieser Linien gelangt man einfach in folgender Art. Seien $x = EL$ und $y = EN$ die Coordinaten des beliebigen Punktes E im Abstände $AE = e$ und bei der Neigung der Geraden $ABC = \alpha$ gegen die Axe CB , so hat man:

$$y = (a - x) \operatorname{tang} \alpha, \text{ und da}$$

$$\operatorname{tang} \alpha = \frac{AL}{LE} = \frac{\sqrt{e^2 - x^2}}{x}, \text{ so folgt}$$

$$yx = (a - x) \sqrt{e^2 - x^2}$$

als Gleichung der Conchoide.

Diese Gleichung gilt natürlich für alle Punkte E, F und G , und unterscheiden sich die drei Fälle dadurch, daß für E der Abstand e positiv und

kleiner als a , für F der Abstand e negativ und für G der Abstand e positiv und größer als a ist. Für $x = e$ erhält man natürlich für alle Curven dem Scheitel entsprechend den Werth $y = 0$; während für jeden Werth von x , welcher absolut genommen kleiner als e ist, y zwei reelle gleiche und entgegengesetzte Werthe annimmt, woraus die symmetrische Beschaffenheit der Curven gegen die Axc CB sich folgert. Wird x größer als e vorausgesetzt, so entspricht demselben wegen der dann imaginären Quadratwurzel kein Curvenpunkt, so daß x nur zwischen 0 und e variiren kann. Setzt man ferner bei der Curve G , d. h. wenn $e > a$ vorausgesetzt ist, in der Gleichung $x = a$, so erhält man $y = 0$, d. h. alle Conchoiden der dritten Gattung, für welche $e > a$ ist, bilden Schleifen, die sich sämmtlich in dem festen Punkte B durchkreuzen. Für die Annahme $e = a$ schrumpft die Schleife in den Punkt B selbst zusammen.

Man kann nun in dem vorliegenden Falle eine ähnliche Betrachtung anstellen, wie gelegentlich des Ellipsenlenkers, d. h. man erhält auch hier eine Geradföhrung des Punktes A eines Lenkers oder Balanciers AB in der Linie AA' , wenn man irgend einen Punkt E, F oder G dieses Lenkers in der ihm zugehörigen Conchoide führt und den Lenker außerdem zwingt, stets durch den festen Punkt B hindurchzugehen. Auch hier wird es für die meisten Fälle der Praxis genügen, das Stück der Conchoide zu beiden Seiten des Scheitels, welches der geföhrte Punkt durchläuft, durch einen Kreisbogen zu ersetzen, welcher mit der genauen Conchoide drei Punkte gemein hat. Hierzu kann man außer dem Scheitel der Curve etwa die beiderseitigen äußersten Punkte derselben wählen, welche dem größten Ausschlagswinkel des Balanciers jederseits entsprechen. Dieser Kreis stimmt mit der Conchoide genügend genau überein, so lange man den Ausschlagswinkel α nicht zu groß, etwa nicht über 20 bis 25° annimmt. Da man auch hierbei immer den Ausschlag des Balanciers zu beiden Seiten der Axc CB gleich groß macht, so fällt der Mittelpunkt jenes Annäherungskreises, welcher als Drehpunkt des Gegenlenkers auszubilden ist, in die Linie CB hinein. Kennt man daher den größten Ausschlagswinkel $\alpha = ABC$ des Balanciers und den Abstand $e = AE, AF$ oder AG des Angriffspunktes für den Gegenlenker, so erhält man den Drehpunkt M des letzteren ohne Weiteres in dem Mittelpunkte des durch die drei Punkte EE_0E' resp. FF_0F' oder GG_0G' gelegten Kreises. Man hat hierzu also nur z. B. für E die Sehne EE_0 zu zeichnen, die in ihrem Mittelpunkte auf ihr normale Gerade schneidet die Axc BC dann in dem gesuchten Drehpunkt M .

Ist andererseits anstatt des Angriffspunktes E für den Gegenlenker, dessen Drehpunkt M durch seinen Abstand $CM = c$ von der geraden Föhrungslinie gegeben, so findet man den zugehörigen Angriffspunkt E dadurch, daß man das Stück $CM = c$ von A aus auf der Richtung des Balanciers

in dessen äußerster Lage gleich AM' anträgt und den Schnittpunkt E des im Mittelpunkte M_0 der Geraden MM' errichteten Lothes mit dem Balancier ermittelt. Die Wichtigkeit dieser letzteren Construction folgt sogleich aus der Bemerkung, daß der Gegenlenker, wenn man ihn durch Drehung um seinen Angriffspunkt E in die Richtung des Hauptlenkers AB gebracht denkt, den letzteren in jeder Lage um das Stück $CM = e$ überragen muß.

Man kann auch die erforderliche Länge $r = ME$ des Gegenlenkers leicht durch Rechnung bestimmen. Ein Kreis zum Mittelpunkte M und vom Halbmesser $r = ME_0 = c + e$ ist für den Coordinatenanfang in C gegeben durch die Gleichung

$$(x - c)^2 + y^2 = (e - c)^2$$

oder

$$x^2 - 2cx + y^2 = e^2 - 2ce.$$

Soll dieser Kreis auch den Punkt E in sich aufnehmen, so müssen dessen Coordinaten

$$x = e \cos \alpha \text{ und } y = a \tan \alpha - e \sin \alpha \text{ (s. Figur)}$$

die Gleichung des Kreises erfüllen, und man hat:

$$e^2 \cos^2 \alpha - 2ce \cos \alpha + a^2 \tan^2 \alpha - 2ae \tan \alpha \sin \alpha + e^2 \sin^2 \alpha = e^2 - 2ce$$

oder nach geringer Reduction:

$$e = \frac{2ae \tan \alpha \sin \alpha - a^2 \tan^2 \alpha}{2e(1 - \cos \alpha)}.$$

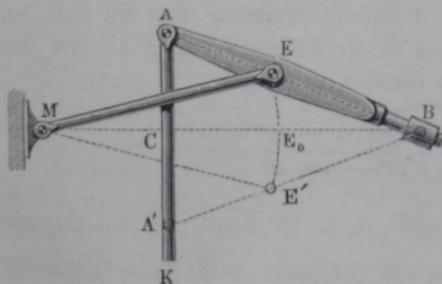
Setzt man hierin $2a \tan \alpha = s$, unter s den Kolbenschub verstanden, so wird

$$e = \frac{4se \sin \alpha - s^2}{8e(1 - \cos \alpha)} \text{ und } r = e - c.$$

Der Drehpunkt M des Lenkers fällt in die Gerade AA' , also nach C , wenn $e = 0$, d. h. wenn $a^2 \tan^2 \alpha = 2ae \tan \alpha \sin \alpha$, oder $e = \frac{a}{2 \cos \alpha}$ ist.

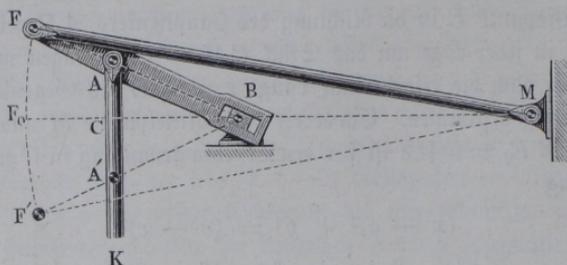
Je nach der Lage des Gegenlenkerangriffs zwischen A und B , oder jenseits A oder jenseits B kann man ähnlich wie bei dem Ellipsenlenker drei Arten von Condoidenlenkern unterscheiden, welche durch die Figuren 376, 377 und 378 dargestellt sind. Von diesen ist der in Fig. 378 gezeichnete der älteste, zuerst von Reichenbach ausgeführte und nach ihm

Fig. 376.



benannte. Man soll eine besondere Genauigkeit der Geradföhrung mit demselben erreichen, wenn man dabei MG oder r gleich MB oder $e - a$,

Fig. 377.

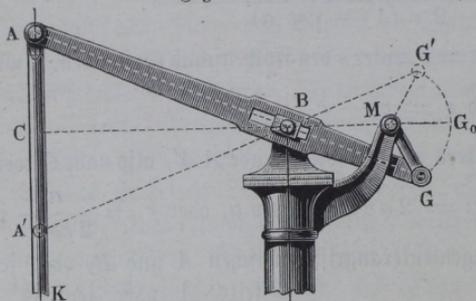


d. h. $e = \frac{a + e}{2}$ macht. Setzt man diesen Werth obigem Ausdrucke für e gleich, so erhält man hierfür in

$$\frac{a + e}{2} = \frac{2ae \tan \alpha \sin \alpha - a^2 \tan^2 \alpha}{2e(1 - \cos \alpha)}$$

die Bedingungsgleichung für das Verhältniß von $a : e$.

Fig. 378.



Der Lenker zweiter Art, Fig. 377, wird nur wenig angewandt, da das als nahezu geradlinig anzusehende Stück der Führung nur kurz ausfällt. Besser als dieser ist der Lenker erster Art, Fig. 376, für die praktische Ausführung geeignet, sobald man nur den Gegenlenker r nicht zu kurz wählt, d. h. den Angriff

E desselben nicht zu weit von A entfernt annimmt. Für den Fall, daß der Drehpunkt M des Gegenlenkers in die Führungslinie AA' , also nach C , fallen soll, hat man, wie schon erwähnt, zu setzen:

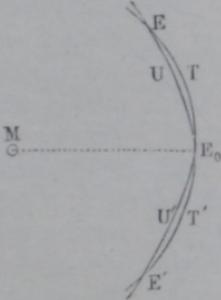
$$e = \frac{2ae \tan \alpha \sin \alpha - a^2 \tan^2 \alpha}{2e(1 - \cos \alpha)} = 0,$$

woraus $e = \frac{a}{2 \cos \alpha}$ sich ergibt, d. h. der Angriff E des Gegenlenkers liegt in der äußersten Stellung des Balanciers in der Mitte zwischen A und

B , wie bei dem Evans'schen Lenker. Wählt man E näher an A , Fig. 376, so rückt M weiter von C fort, indem dann e negativ wird, während ein größerer Werth von e den Drehpunkt M zwischen C und B fallen läßt. Eine solche Annahme ist nicht zu empfehlen.

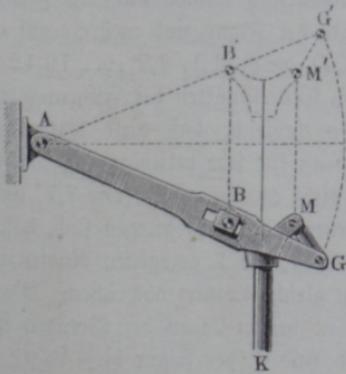
Hinsichtlich der Anordnung des Gegenlenkers lassen sich hier ähnliche Betrachtungen anstellen, wie bei dem angenäherten Ellipsenlenker geschehen. Wenn man nämlich, wie im Vorhergehenden vorausgesetzt, das betreffende Conchoidenstück durch einen Kreisbogen ersetzt, welcher mit jenem den mittleren und die beiden äußersten Punkte gemein hat, Fig. 379, so weicht dieser Kreisbogen sowohl bei T wie bei T' nach derselben Seite von der Conchoide ab. Würde man daher den Kreisbogen etwa durch die Mitten der Abweichungen UT und $U'T'$ legen, so würde derselbe jene Curve in vier Punkten treffen, und die Abweichungen würden nach beiden Seiten in geringerem Betrage stattfinden.

Fig. 379.



Es ist klar, daß man auch die Conchoidenlenker umkehren kann, indem man den Punkt A durch zusätzliche Bewegung um $-s$ in Ruhe setzt, und die zu führende Kolbenstange mit den beiden Lagern für B und M verbindet, in solcher Art erhält man z. B. aus dem Reichenbach'schen Lenker die in Fig. 380 dargestellte Anordnung, bei welcher der Balancier AG doppelt auszuführen ist,

Fig. 380.



um durch seinen Zwischenraum hindurch der Kolbenstange K und deren Querköpfe BM das Spiel zu gestatten.

Lemniscatenlenker. Zu der §. 102. mit dem Namen Lemniscatenführung oder Lemniscatenlenker bezeichneten angenäherten Geradführung gelangt man ebenfalls, wie zu den vorhergehenden, aus der Betrachtung eines gewissen Bewegungszustandes einer geraden Linie. Denkt man sich nämlich eine gerade Linie oder Stange CD , Fig. 381 (a. f. S.), so bewegt,

daß zwei Punkte C und D derselben in zwei festen Kreisen zu den Mittelpunkten A und B geführt werden, etwa dadurch, daß man die beiden Punkte C und D an Lenker schließt, die um A resp. B drehbar sind, so beschreibt irgend ein Punkt G dieser Geraden eine eigenthümlich verschlungene Linie