

Die gedachte Pfeilhöhe HE kann man darin mit hinreichender Annäherung gleich

$$h = \frac{\left(\frac{\sigma}{2}\right)^2}{2t} = \frac{\sigma^2}{8t}$$

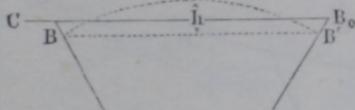
setzen. Nimmt man z. B. die Trägerlänge $t = s$ an, so erhält man

$$h = \frac{(0,090 s)^2}{8 s} = 0,001 s$$

und daraus die Abweichung $f = 0,001 \cdot s \cdot \sin 14^\circ = 0,00024 s$.

Es kann hierbei bemerkt werden, daß diese für die Praxis schon verschwindende Abweichung, welche also bei beispielsweise 1 Meter Hub noch nicht $\frac{1}{4}$ Millimeter beträgt, noch weiter durch eine solche Aufstellung des Trägers MB herabgezogen werden kann, bei welcher die Pfeilhöhe h des

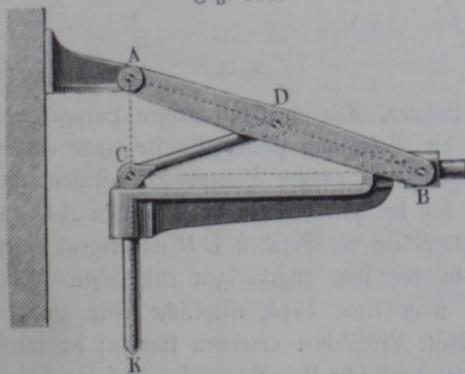
Fig. 358.



Bogens BB' durch die Gerade CBo halbiert wird, Fig. 358, in welchem Falle der geführte Punkt bei jedem Schube viermal in die Gerade AA' tritt.

Daß man auch von dem Evans'schen Lenker durch Umkehrung eine richtige Geradföhrung herstellen kann, wenn man den Endpunkt A des Balanciers, Fig. 359, befestigt, und den Drehpunkt C des Lenkers sowie die Prismen-

Fig. 359.



föhrung mit der Kolbenstange verbindet, ist nach dem Früheren ohne Weiteres deutlich.

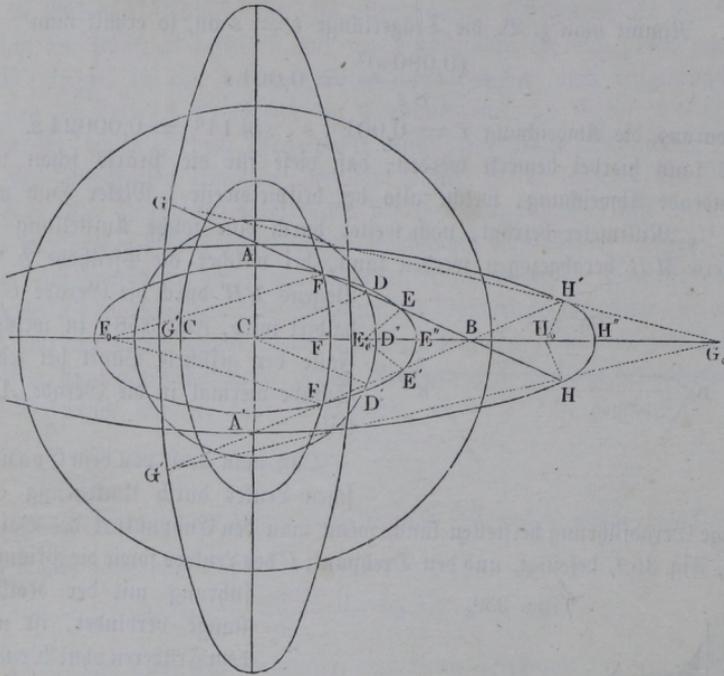
Ellipsenlenker. §. 99.

Der im vorhergehenden Paragraphen besprochene Evans'sche Lenker bildet nur einen besonderen Fall einer Reihe von Geradföhrungen, zu denen die mehrerwähnte in der Einleitung, §. 11, behandelte Bewegungsform einer

geraden Linie Veranlassung giebt. Wie an der gedachten Stelle nachgewiesen worden, bewegt sich jeder Punkt einer geraden Linie AB , Fig. 360 (a. f. S.), von welcher zwei Punkte A und B in zwei zu einander rechtwinkligen Geraden AC und BC geföhrt werden, in einer Ellipse, deren Hauptachsen in jene föhrenden Geraden der Richtung nach hineinfallen und die Größe

$a + e$ und $a - e$ haben, wenn a die halbe Länge der Geraden AB und e den Abstand des betreffenden Punktes von der Mitte jener Strecke AB bedeutet. Die Punkte E, F, G und H beschreiben daher die durch diese

Fig. 360.



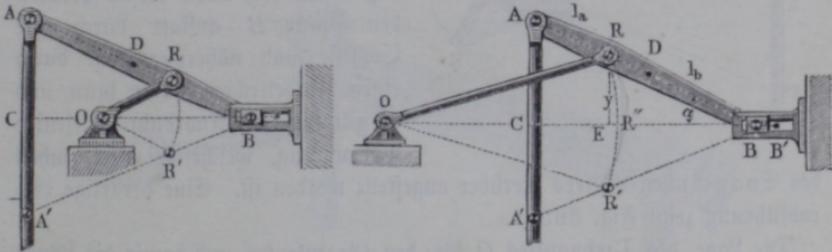
Punkte gezeichneten elliptischen Bahnen. Die schon im vorigen Paragraphen angeführte Bemerkung, wonach die Bewegung zweier Punkte eines ebenen Systems genügt, um die Bewegung des ganzen Systems festzustellen, gilt auch hier, und es folgt daraus, daß der Punkt A in der Geraden AC geführt wird, wenn man den Punkt B auf der Geraden CB und irgend einen der Punkte E, F, G oder H in der ihm zugehörigen elliptischen Bahn bewegt. Das Letztere würde man etwa durch elliptische oder zu den beziehentlichen Ellipsen äquidistante Leitflächen erreichen können; da indeß eine solche Ausführung mancherlei praktische Uebelstände im Gefolge haben müßte, und bei dem geringen Ausschlagswinkel der Geraden AB doch nur ein kleiner Theil des Ellipsenumfangs in der Nähe eines der Scheitelpunkte gebraucht wird, so kann man mit genügender Annäherung diesen Ellipsenbogen durch einen Kreisbogen ersetzen, welcher letztere mit dem ersten drei Punkte, etwa den Scheitel und die Endpunkte, gemein hat. Sucht man daher den Mittelpunkt E_0 des durch E, E' und E'' gehenden Kreisbogens

und führt den Hebel AB mit dem Endpunkte B auf der Geraden CB durch eine Prismenführung und mit dem Punkte E durch einen um E_0 drehbaren Gegenlenker E_0E , so wird der andere Endpunkt A annähernd in der geraden Linie AA' geführt. Man erhält auf diese Weise eine Anzahl von Geradführungen, welche mit dem Namen Ellipsenlenker (angenäherte) bezeichnet zu werden pflegen, und welche von einander durch die Lage des durch den Gegenlenker geführten Punktes verschieden sind. Man unterscheidet danach wohl folgende drei verschiedene Ellipsenlenker:

1) Ellipsenlenker erster Art, bei welchem der Gegenlenker einen zwischen A und B gelegenen Punkt wie E oder F führt. Dieser Lenker ist in Fig. 361 und 362 in zwei Ausführungen dargestellt, welche sich von einander nur dadurch unterscheiden, daß der Angriff R des Gegenlenkers zu

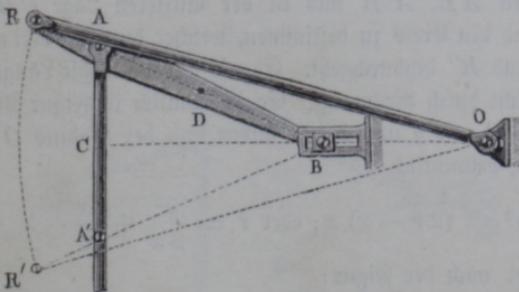
Fig. 361.

Fig. 362.



verschiedenen Seiten des Mittelpunktes D der Strecke AB gelegen ist. Man erkennt sogleich aus der Figur, daß der Drehpunkt O des Gegen-

Fig. 363.



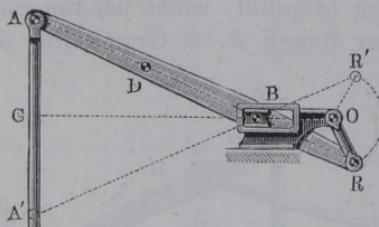
lenkers in diesen beiden Fällen zu verschiedenen Seiten der geraden Führungslinie AA' liegt, und daß der Gegenlenker OR um so kürzer wird, je näher sein Angriffspunkt R dem in den Coulißen geführten Punkte B liegt.

Zwischen diesen beiden Fällen hält offenbar der Evans'sche Lenker die Mitte, bei welchem der Gegenlenker die Länge a und in C seinen festen Drehpunkt hat.

2) Ellipsenlenker zweiter Art, Fig. 363 (a. v. S.), bei welchem der Gegenlenker einen Punkt R außerhalb AB über A hinaus ergreift, und in Folge dessen seinen Drehpunkt O auf der entgegengesetzten Seite jenseits B erhält.

3) Ellipsenlenker dritter Art, Fig. 364. Hier liegt der durch den Gegenlenker geführte Punkt R außerhalb der Strecke AB über B hinaus, und kommt auch der Drehpunkt O desselben auf diese Seite von B zu liegen.

Fig. 364.



Es ist übrigens sogleich klar, daß daß man bei allen diesen Lenkern den Punkt B anstatt durch eine Couliße auch näherungsweise durch einen Pendelträger führen kann, und es gilt für diese Anordnung diejenige Betrachtung, welche bei Gelegenheit

des Evans'schen Lenkers hierüber angestellt worden ist. Eine derartige Ge-
radführung zeigt Fig. 365.

Die Lage des Drehpunktes O für den Gegenlenker und damit die Länge $OR = r$ des letzteren ergibt sich in jedem Falle sehr einfach durch Construction, wenn die Schublänge s , die Länge $AB = l$ des Balanciers und die Lage des durch den Gegenlenker zu führenden Punktes R in Bezug zu A und B , also die Abstände $RA = l_a$ und $RB = l_b$ gegeben sind. Man hat dann nach dem Obigen immer nur den Balancier in seinen beiden äußersten Lagen $AB, A'B$ und in der mittleren Lage CB' , Fig. 366, zu zeichnen, und den Kreis zu bestimmen, welcher durch die drei entsprechenden Lagen R, R' und R'' hindurchgeht. Ebenso findet sich die Länge des Gegenlenkers sehr leicht durch Rechnung. Es ist nämlich in Figur 366, wenn die Coordinaten RE mit y und $R''E$ mit x und der Radius OR mit r bezeichnet werden, bekanntlich

$$y^2 = (2r - x)x; \text{ oder } r = \frac{y^2}{2x} + \frac{x}{2}.$$

Nun ist aber nach der Figur:

$$y = l_b \sin \alpha; \quad x = l_a (1 - \cos \alpha);$$

daher hat man

$$r = \frac{l_b^2 \sin^2 \alpha}{2 l_a (1 - \cos \alpha)} + l_a \frac{1 - \cos \alpha}{2} = \frac{l_b^2}{l_a} \frac{1 + \cos \alpha}{2} + l_a \frac{1 - \cos \alpha}{2}.$$

Setzt man wieder den halben Ausschlagswinkel des Balanciers in der äußersten Lage gleich 20° , so erhält man für den Gegenlenker die Länge

$$r = 0,970 \frac{l_b^2}{l_a} + 0,030 l_a.$$

Fig. 365.

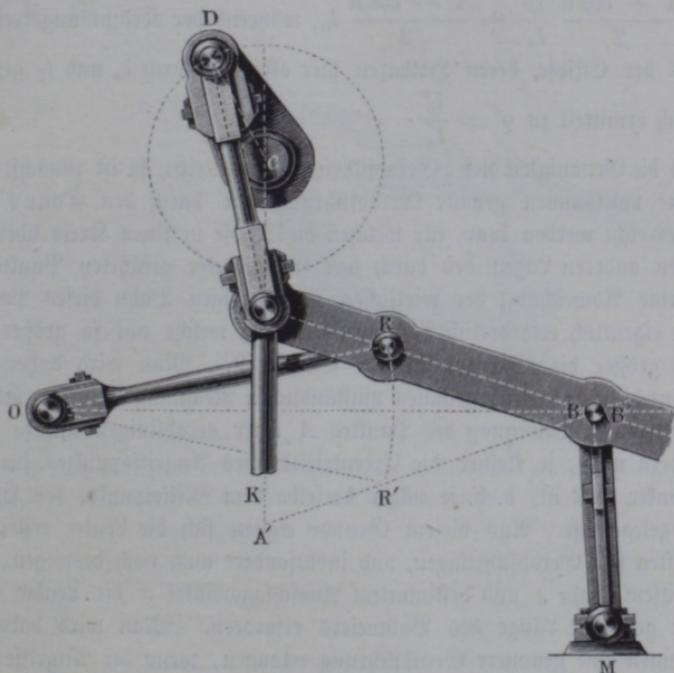
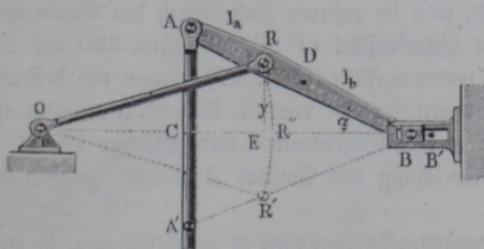


Fig. 366.



Obiger Ausdruck für r , welcher übrigens für alle drei Arten des Ellipsenlenkers allgemein gilt, liefert für den Mittelpunkt D , also für $l_a = l_b$ natürlich, dem Evans'schen Lenker entsprechend, $r = l_a = l_b$.

Daß der so gefundene Kreis, in welchem der betreffende Punkt R durch den Lenker geführt wird, nicht mit dem Krümmungskreise der zugehörigen Ellipse übereinstimmen kann, ist zwar ohne Weiteres schon aus dem Grunde klar, weil dieser Kreis drei nicht unendlich nahe liegende Punkte der Ellipse in sich aufnimmt. Man erkennt die Abweichung des Krümmungsradius ϱ von der Länge r des Gegenlenkers aus obiger Formel

$$r = \frac{1 + \cos \alpha}{2} \frac{l_b^2}{l_a} + \frac{1 - \cos \alpha}{2} l_a,$$
 während der Krümmungskreis im Scheitel der Ellipse, deren Halbachsen hier offenbar durch l_a und l_b gegeben sind, sich ermittelt zu $\varrho = \frac{l_b^2}{l_a}$.

Was die Genauigkeit dieser Geradföhrungen anbetriift, so ist zunächst klar, daß eine vollkommen genaue Geradföhrung nur durch den Evans'schen Lenker erreicht werden kann, für welchen die Ellipse in einen Kreis übergeht. In allen anderen Lagen des durch den Gegenlenker geföhrten Punktes R findet eine Abweichung der wirklichen kreisförmigen Bahn dieses Punktes von der eigentlich erforderlichen elliptischen statt, welche um so größer sein muß, je größer die Excentricität der Ellipse ist. Man wird daher auch ohne Durchföhrung einer genauen unständlichen Rechnung schließen müssen, daß die erzeugte Bewegung des Punktes A einer geradlinigen um so mehr sich nähern muß, je kleiner die Excentricität des Angriffspunktes für den Gegenlenker OR ist, d. h. je näher derselbe dem Mittelpunkte des Hauptlenkers gelegen ist. Aus diesem Grunde eignen sich die Lenker erster Art am meisten für Geradföhrungen, und insbesondere auch noch deswegen, weil bei gewissem Hube s und bestimmtem Ausschlagswinkel α die Lenker erster Art die geringste Länge des Balanciers erfordern. Man wird dabei im Allgemeinen eine genauere Geradföhrung erlangen, wenn der Angriffspunkt R des Gegenlenkers auf dem Stücke DA liegt, als der Fall ist, wenn man diesen Punkt auf der dem Prisma BB' zugewendeten Hälfte DB des Balanciers wählt, weil im ersteren Falle durch den Bogen des Gegenlenkers ein viel flacheres Ellipsenstück ($FF'F'$ in Fig. 360 auf S. 470) zu ersetzen ist als im letzteren Falle ($EE'E'$), daher ein besseres Anschmiegen an den Ellipsenbogen erreicht werden kann. Jedenfalls ist bei richtiger Wahl der Länge r des Gegenlenkers und geringer Größe des Ausschlagswinkels α die Abweichung des Punktes A von der geraden Linie AA' nur sehr gering.

Bei den vorgedachten Anordnungen ist der Kreisbogen, in welchem der Punkt R geföhrte wird, so gewählt, daß derselbe in drei Punkten R, R'' und R' , Fig. 367, mit der Ellipse übereinstimmt, und demzufolge muß der Endpunkt der Kolbenstange auch in den drei entsprechenden Lagen A, C und A' in die gerade Föhrungslinie fallen. In allen Punkten, wo der Kreisbogen von der Ellipse abweicht, wird auch der Endpunkt A der Kolbenstange aus der geraden Föhrungslinie

heraustreten. Man erkennt aus der Figur, daß die beiden Hälften RUR'' und $R'U'R''$ des Ellipsenbogens entweder beide nach innen oder beide nach außen von dem Kreisbogen $RT'R'$ abweichen, und zwar nach innen, wenn R'' der Scheitel der großen Aye (wie E'' und H'' in Fig. 360), und nach außen, wenn

Fig. 367.

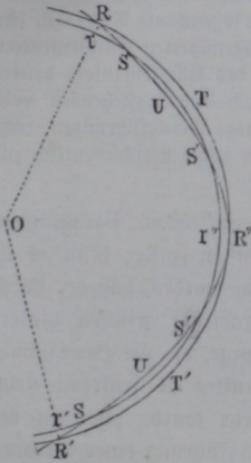
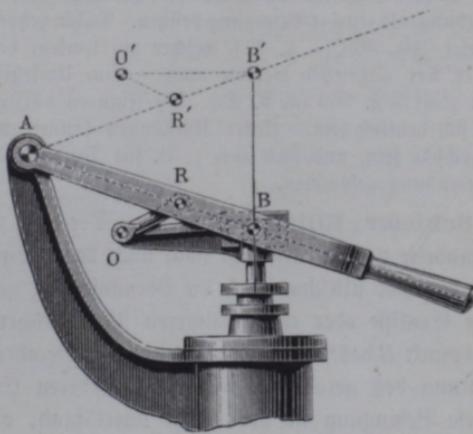
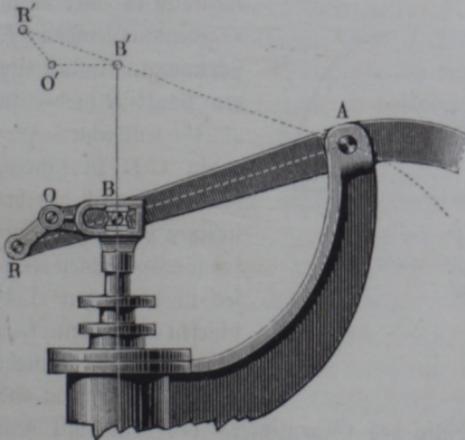


Fig. 368.



R'' der Scheitel der kleinen Aye (wie F'' und G'' in Fig. 360) ist. In Folge dessen wird auch der Endpunkt A des Hauptlenkers in beiden Hälften seines Weges nach derselben Richtung hin von der beabsichtigten geraden Bahn abgelenkt werden. Denkt man sich nun um O als Mittelpunkt einen anderen Kreisbogen $rr'r'$ mit einem solchen Radius Or beschrieben, daß er die größte Abweichung UT etwa halbirt, so wird eine Führung des Balanciers durch einen Gegenlenker von dieser Länge Or zur Folge haben, daß der Endpunkt des Balanciers die gerade Führungslinie AA' in vier Punkten trifft, entsprechend den vier Durchschnittpunkten $SS'S'S'$ des Kreises $rr'r'$ mit der Ellipse. Die Abweichungen der Kolbenstange in den zwischen diesen Punkten gelegenen Strecken

Fig. 369.



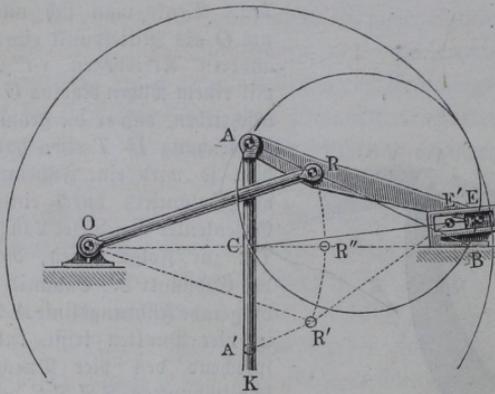
sind dann abwechselnd nach entgegengesetzten Seiten gerichtet, und im Allgemeinen etwa nur halb so groß, wie zufolge des Führungskreises $RT'R'$. Natürlich lassen sich von den angenäherten Ellipsenlenkern, wie überhaupt auch von allen Lenkern Umkehrungen dadurch bilden, daß man dem ganzen Systeme zusätzlich eine dem

sind dann abwechselnd nach entgegengesetzten Seiten gerichtet, und im Allgemeinen etwa nur halb so groß, wie zufolge des Führungskreises $RT'R'$. Natürlich lassen sich von den angenäherten Ellipsenlenkern, wie überhaupt auch von allen Lenkern Umkehrungen dadurch bilden, daß man dem ganzen Systeme zusätzlich eine dem

Schube s der Kolbenstange gleiche und entgegengesetzte Bewegung ertheilt denkt, wodurch der vorher gerade geführte Endpunkt A des Hauptlenkers zu einem festen Gestellpunkte wird. Man hat dann nur nöthig, die zu führende Kolbenstange K in geeigneter Weise mit dem Auge O für den Gegenlenker und mit der Couliße für den anderen Endpunkt des Balancier zu verbinden, welche Theile als vorher ruhende nunmehr die zusätzlich ertheilte auf- und absteigende Verschiebung als einzige Bewegung besitzen. Dahin gehört der sogenannte *Nehrlich'sche* Lenker, Fig. 368 (a. v. S.), welcher als Umkehr des angenäherten Ellipsenlenkers erster Art angesehen werden muß. Eine Umkehrung des Ellipsenlenkers dritter Art zeigt Fig. 369 (a. v. S.). Die Figuren dürften nach dem Vorstehenden wohl an sich deutlich sein. Unter Umständen können derartige Geradfürungen recht brauchbar sein, und sind auch z. B. für Pumpenstangen schon verschiedentlich zur Anwendung gekommen.

§. 100. **Schiefer Ellipsenlenker.** Der im vorhergehenden Paragraphen behandelte Lenker entspricht noch nicht dem allgemeinsten Falle, denn es ist dabei immer stillschweigend die Voraussetzung gemacht worden, daß der durch eine Couliße oder einen längeren Pendelträger geradlinig geführte hintere Endpunkt B des Balancier sich in einer Geraden bewege, die zur Bewegungsrichtung des gerade zu führenden vorderen Endpunktes A senkrecht steht. Diese Bedingung ist aber nicht unerläßlich, vielmehr wurde schon in der Einleitung, §. 11, gezeigt, daß bei der mehrgedachten Führung einer Geraden AB auf einem rechtwinkligen Arcenkreis jeder beliebige Punkt E , Fig. 370,

Fig. 370.



im Umfange des über AB als Durchmesser beschriebenen Kreises ebenfalls in einer durch C gehenden Geraden CE sich bewegt. Anstatt also den Punkt B in der zu AA' senkrechten Geraden CB zu führen, kann man auch den beliebigen Punkt E im Umfange des gedachten Kreises in der gegen AA' schiefen Geraden CE leiten, und es entsteht durch diese Führung und

diejenige des Punktes R mit Hilfe des Gegenlenkers OR eine mit dem Namen des schiefen Ellipsenlenkers zu bezeichnende Geradfürung. Der Hauptlenker oder Balancier nimmt hierbei eine Dreiecksform ARE an.

Auch läßt sich die Geradfürung anordnen unter der Voraussetzung, daß der Punkt E nicht in dem Umfange des über AB als Durchmesser ge-