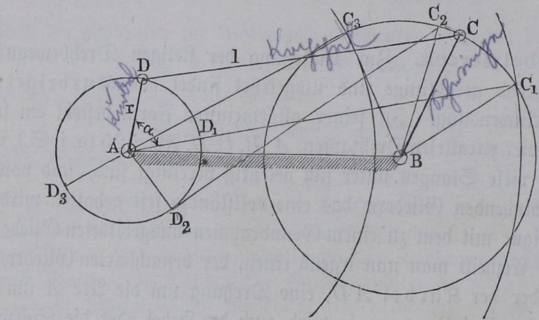
Sechstes Capitel.

Das Kurbelgetriebe.

Das Kurbelviereck. Zur Umsetzung der stetigen Drehbewegung in eine wiederkehrend geradlinige und umgekehrt findet das Kurbelgetriebe die häufigste Anwendung. In seiner allgemeinsten Form besteht ein solches Getriebe aus vier parallelen Drehzapfen, A, B, C, D, Fig. 525 (a. f. S.), welche durch eben so viele Stangen unter sich gelenkig vereinigt sind, und von welchen vier verbindenden Gliedern das eine vollständig fest gehalten wird, wie dies in der Figur mit dem zu einem Grundrahmen ausgebildeten Gliede AB der Fall ist. Ertheilt man nun irgend einem der benachbarten Glieder, z. B. dem Hebel oder der Kurbel AD, eine Drehung um die Axe A um einen gewissen Winkel $DAD_1 = \alpha$, so wird auch der Hebel oder die Schwinge BC vermittelst der Schubstange DC um die Axe B gedreht werden, und zwar um einen Winkel CBC_1, dessen Größe aus den geometrischen Verhältnissen des Vierecks $ABCD$ sich ergiebt. Während hierbei die beiden dem fest gehaltenen Theile AB benachbarten Glieder reine Drehungen um ihre Endzapfen empfangen, wird die Schubstange DC eine zusammengesetztere Bewegung annehmen, über deren Charakter schon in der Einleitung §. 8 Näheres mitgetheilt wurde. Das hier angegebene Getriebe bezeichnet Reuleaux mit dem Namen des Kurbelvierecks, und man pflegt speciell die rotirenden Hebel AD und BC Kurbeln und die verbindende Stange DC die Kurbelstange, Lenkerstange, Pläuel- oder Koppelstange zu nennen. Meist giebt man den Namen Kurbel auch nur demjenigen Hebel, welcher wie hier AD vollständig um seine Axe rotiren kann, während man solche Hebel, welche wie BC nur oscillirende Bewegungen machen, als Schwingen bezeichnet. §. 135.

Es ergiebt sich aus der Betrachtung der Figur, daß bei einer Umdrehung der Kurbel AD die letztere in AD_1 in eine Lage geräth, in welcher sie mit der Schubstange $D_1 C_1$ in eine und dieselbe Gerade fällt, und findet man die zugehörige Lage C_1 einfach dadurch, daß man um A einen Kreisbogen mit einem Halbmesser gleich $DC + AD = l + r$ beschreibt. Dieser Punkt C_1 giebt dann die äußerste Lage für das Ende der Schwinge BC, indem bei einer weiteren Drehung der Kurbel nach D_2 und D_3 der Hebel BC aus der Lage C_1 zurückkehrend durch C_2 in eine andere Lage C_3 gelangt, welche mit A und D_3 ebenfalls in gerader Linie liegt. Dieser Punkt C_3, welcher den Ausschlag der Schwinge DC nach der anderen Seite hin begrenzt, ergiebt sich in dem Durchschnitte des Kreises C mit einem um A mit dem Halbmesser $AC_3 = DC - AD = l - r$ beschriebenen Kreise. Man erkennt hieraus, daß bei einer ganzen Umdrehung der Kurbel AD die Schwinge BC eine hin- und hergehende Bewegung um den Winkel $C_1 B C_3$ macht. Die beiden Endpunkte C_1 und C_3 des dabei beschriebenen Bogens

Fig. 525.



heißen **Wendepunkte** der Schwinge, da in ihnen die Bewegung ihren Sinn wechselt. Die diesen Wendepunkten entsprechenden Lagen D_1 und D_3 der Kurbelwarze nennt man dagegen die **Todtpunkte** der Kurbel, weil in diesen Lagen eine Bewegung der Kurbel vermöge einer von der Schwinge BC ausgehenden Einwirkung nicht möglich ist.

Um das Verhältniß der Geschwindigkeiten der beiden Kurbeln AD und BC für jeden Augenblick zu beurtheilen, kann man folgende Betrachtung anstellen. Denkt man sich dem Getriebe, Fig. 526, von welchem wieder AB festgehalten sei, in irgend einer Stellung $ABCD$ eine sehr kleine Bewegung ertheilt, vermöge welcher AD um das Winkelelement $\partial \alpha$ und BC um dasjenige $\partial \beta$ gedreht wird, so hat man die gleichzeitige Bewegung der Kuppelstange DC für dieses Zeitelement als eine unendlich kleine Drehung um das Momentancentrum oder den Pol aufzufassen. Der letztere ist offenbar im Durchschnittspunkte P der beiden Kurbelrichtungen DA und CB zu finden. Setzt man daher die Polabstände der Punkte D und C beziehungsweise

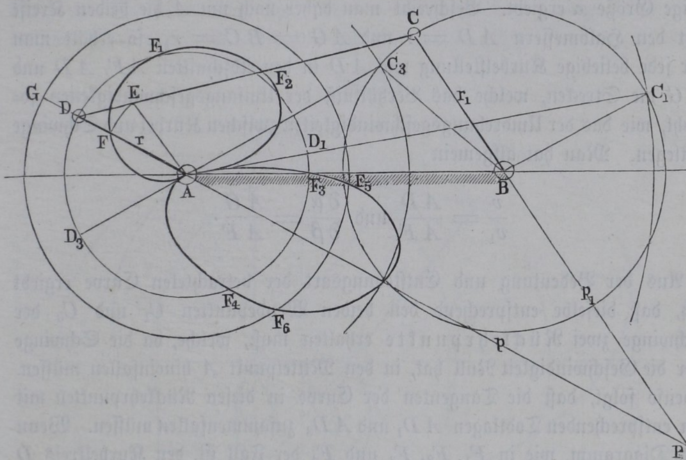
$DP = p$ und $CP = p_1$, und bezeichnet $\partial \omega$ den Betrag der Momentandrehung um P, so hat man für die elementaren Wege v und v_1 der Punkte D und C die Ausdrücke

$$v = DP . \partial \omega = p \partial \omega; \quad v_1 = CP . \partial \omega = p_1 \partial \omega.$$

Da diese Wege nun auch durch

$$v = r \partial \alpha \text{ und } v_1 = r_1 \partial \beta$$

Fig. 526.



gegeben sind, unter r und r_1 die Kurbellängen AD und BC verstanden, so folgt aus diesen Beziehungen einfach

$$\frac{v}{v_1} = \frac{r \partial \alpha}{r_1 \partial \beta} = \frac{p}{p_1}.$$

Um diesen Ausdruck durch die Construction anschaulich zu machen, denke man von A aus die Gerade AE parallel zu der zugehörigen Lage BC der Schwinge gezogen, so ergiebt sich

$$DP : CP = DA : EA,$$

d. h. wenn die Länge EA mit x bezeichnet wird:

$$\frac{p}{p_1} = \frac{r}{x}.$$

Durch Einsetzung dieses Werthes erhält man daher:

$$\frac{v}{v_1} = \frac{r}{x} \text{ und } \frac{\partial \alpha}{\partial \beta} = \frac{r_1}{x}.$$

Diese Ausdrücke gestatten, durch ein sehr einfaches Diagramm das Verhältniß der Geschwindigkeiten beider Kurbeln für jeden Augenblick der Bewegung zu veranschaulichen. Trägt man nämlich die Strecke $AE = x = r\frac{p_1}{p}$ von A aus auf der Kurbelrichtung gleich AF an, und denkt diese Construction für alle einzelnen Kurbelstellungen wiederholt, so legen die Punkte F eine Curve fest von solcher Beschaffenheit, daß für jede beliebige Kurbelstellung die in diese Kurbelrichtung fallende Sehne dieser Curve die obige Größe x ergiebt. Beschreibt man daher noch um A die beiden Kreise mit den Halbmessern $AD = r$ und $AG = BC = r_1$, so erhält man für jede beliebige Kurbelstellung wie AD in den Abschnitten AF, AD und AG die Strecken, welche das Verhältniß der Umfangsgeschwindigkeiten sowohl, wie das der Umdrehungsgeschwindigkeiten zwischen Kurbel und Schwinge festlegen. Man hat allgemein

$$\frac{v}{v_1} = \frac{AD}{AF} \text{ und } \frac{\partial\alpha}{\partial\beta} = \frac{AG}{AF}.$$

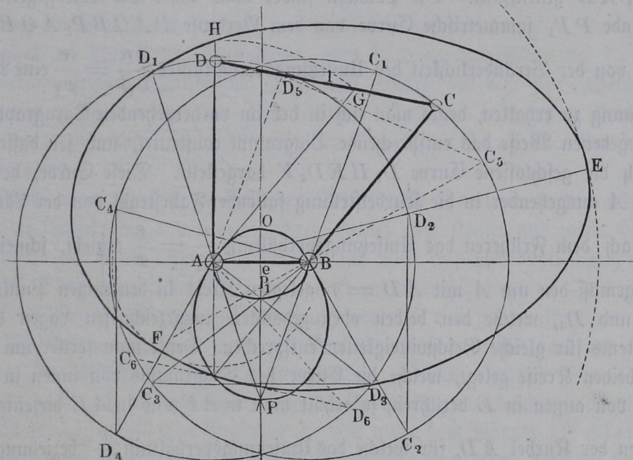
Aus der Bedeutung und Entstehungsart der betrachteten Curve ergiebt sich, daß dieselbe entsprechend den beiden Wendepunkten C_1 und C_3 der Schwinge zwei Rückkehrpunkte erhalten muß, welche, da die Schwinge hier die Geschwindigkeit Null hat, in den Mittelpunkt A hineinfallen müssen. Ebenso folgt, daß die Tangenten der Curve in diesen Rückkehrpunkten mit den entsprechenden Todtlagen AD_1 und AD_3 zusammenfallen müssen. Wenn das Diagramm, wie in F_1, F_2, F_3 und F_4 der Fall ist, den Kurbelkreis D schneidet, so ist damit ausgesprochen, daß in den zugehörigen Lagen der Kurbel die Umfangsgeschwindigkeiten v und v_1 gleich groß sind, und dasselbe gilt hinsichtlich der Winkelgeschwindigkeiten $\partial\alpha$ und $\partial\beta$ in Bezug auf diejenigen Punkte, in denen wie in F_5 und F_6 die Curve den Kreis G durchschneidet. Kreise endlich, welche um A mit solchem Halbmesser beschrieben werden, daß sie das Diagramm zwischen F_1 und F_2, sowie zwischen F_5 und F_6 berühren, bestimmen durch ihre Berührungspunkte diejenigen Kurbellagen, denen ein Maximum der Geschwindigkeit der Schwinge bei gleichmäßiger Umdrehung der Kurbel entspricht. Diese Beziehungen gelten ganz allgemein sowohl für eine gleichförmige wie auch für eine ungleichförmige Drehung einer Kurbel.

Das Kurbelviereck findet bei der Construction der Maschinen mannichfaltige Verwendung und es sind bereits in dem dritten Capitel bei Gelegenheit der Geradführungen mehrfach Beispiele davon besprochen worden. Der Lemniscatenlenker, Fig. 381, z. B. sowie die Evans'sche Führung, Fig. 356, sind im Wesentlichen Kurbelvierecke. Die analytische Untersuchung des all=

gemeinen Falles führt zu großen Weitläufigkeiten, ohne für die Praxis von entsprechendem Interesse zu sein, es mögen daher im Folgenden die besonders häufigen Ausführungsarten näher erörtert werden.

Kurbelkuppelung. Man wendet das Gelenkviereck häufig an, um §. 136.
von einer rotirenden Axe eine andere damit parallele Axe gleichfalls in Umdrehung zu setzen, und giebt zu diesem Behufe den beiden Axen A und B, Fig. 527, zwei Hebel oder Kurbeln AD und BC von in der Regel gleicher Länge r. Die Axenentfernung $AB = e$ und die Kuppelstange $DC = l$ müssen dabei von solchen Längen gewählt werden, daß Wendepunkte nicht

Fig. 527.



auftreten, um eine stetige Umdrehung beider Axen zu ermöglichen. Aus der Figur erkennt man, daß, wenn bei einer vorausgesetzten Umdrehung der Axe A der Zapfen D nach einander in die Lagen D_1, D, D_2, D_3, D_4 gelangt, der Zapfen C vermöge der Kuppelstange die Stellungen C_1, C, C_2, C_3, C_4 einnimmt, die Uebertragung der Drehung von A auf B daher gesichert ist. Auch erkennt man, daß bei geeigneter Wahl der Längen l und e Todtpunkte der Kurbeln vermieden werden können, so daß die Bewegungsübertragung von einer Kurbel auf die andere unter allen Umständen möglich ist. Das Verhältniß der beiden Umdrehungsgeschwindigkeiten α und β der Axen, welches bei der vorausgesetzten Gleichheit der Halbmesser hier mit dem Verhältnisse v und v_1 der Umfangsgeschwindigkeiten von D und C übereinstimmt, ist hierbei ein in jedem Augenblicke wechselndes, wovon man sich leicht überzeugt.