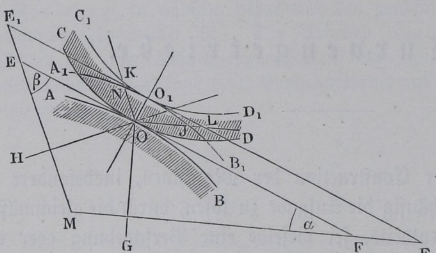
Siebentes Capitel.

Die Curvengetriebe.

Leitflächen. Bei der Construction der Maschinen, insbesondere der Arbeitsmaschinen, ist sehr häufig die Aufgabe zu lösen, durch die gleichmäßige Bewegung eines Maschinentheils, sei dieselbe eine Verschiebung oder eine Drehung, einem anderen Maschinenelemente eine Bewegung zu ertheilen, welche in einer bestimmten, durch den zu erreichenden Zweck vorgeschriebenen Gesetzmäßigkeit veränderlich ist. Schon im zweiten Capitel ergaben sich die unrunden Räder, §. 49, als solche Getriebe, vermittelst deren die gleichmäßige Bewegung einer Axe auf eine andere derart übertragen werden kann, daß das Umsetzungsverhältniß gewissen periodischen Veränderungen unterworfen ist. Eine Eigenthümlichkeit der gedachten unrunden Räder besteht u. a. darin, daß die Bewegung der getriebenen Axe zwar mit wechselnder Geschwindigkeit, aber stets in demselben Sinne stattfindet, eine Umkehr der Bewegungsrichtung also nicht eintritt. Wenn ein solcher Bewegungswechsel erzielt werden soll, so müssen andere Mittel angewendet werden, und es erhellt zur Genüge aus dem vorigen Capitel, wie das Kurbelgetriebe ein solches Mittel abgiebt, welches aus der stetigen Drehung einer Welle die abwechselnde Bewegung eines anderen Theiles, etwa eines Hebels oder einer Stange, herzuleiten geeignet ist. Da hierbei, eine gleichmäßige Drehung der Kurbelwelle vorausgesetzt, der Bewegungszustand des getriebenen Theils von vornherein durch das Gesetz bedingt ist, welches dem geometrischen Zusammenhange des Kurbelgetriebes eigen ist, so wird auch dieses Getriebe nicht aushelfen können in solchen Fällen, wo es sich darum handelt, die Bewegung in anderer, etwa durch den Arbeitsproceß bedingter Weise veränderlich zu machen. Zur Lösung dieser Aufgabe geben im Allgemeinen die Leitflächen oder Curvenflächen ein Mittel ab, d. h. starre widerstandsfähige Maschinentheile, §. 159.

welche vermöge ihrer Form anderen mit ihnen in steter Berührung bleibenden Maschinengliedern ganz bestimmte Bewegungen vorschreiben. Eine solche, materiell ausgeführte Leit- oder Führungsfläche bildet mit dem durch sie geführten Maschinenelemente nach dem in der Einleitung, §. 29, Gesagten ein höheres Elementenpaar, von welchem an gedachter Stelle schon angeführt wurde, daß jedes der beiden Elemente durch die Umhüllungsform des anderen begrenzt ist, und daß die beiden Elemente sich nicht in Flächen, wie die Umschlußpaare, sondern in Punkten oder Linien berühren. Um die Wirkung solcher Getriebe zu erläutern, sei durch AB, Figur 605, die Profilcurve des treibenden Maschinentheils und CD die Begrenzung des bewegten Maschinenelementes dargestellt. Beide Flächen sollen sich in einem Punkte O resp. in einer in O sich projicirenden Geraden berühren. Zum Zwecke der Anschaulichkeit mag

Fig. 605.



man sich etwa unter AB einen auf einer rotirenden Welle angebrachten Hebedaumen vorstellen, durch dessen Drehung ein Hebel bewegt werden soll, dessen Stirn durch die Fläche CD begrenzt ist. Wie auch die Bewegungen der beiden Maschinentheile beschaffen sein mögen, man wird dieselben in dem betrachteten Augenblicke als unendlich kleine Drehungen um die Momentenaxen auffassen können (vergl. Einleitung, §. 7). Denkt man sich daher von dem Berührungspunkte O der beiden Curven die Polstrahlen OG und OH nach den Momentancentren der beiden Körper gezogen, so kann man eine elementare Bewegung der Führungsfläche AB als eine unendlich kleine Verschiebung derselben in der zum Polstrahle OG senkrechten Richtung OL auffassen. Ebenso läßt sich die elementare Bewegung des Körpers mit der Fläche CD als eine unendlich kleine Verschiebung in der Richtung OK senkrecht zu dem Polstrahle OH ansehen. Nach diesen elementaren Bewegungen mögen die Curven in die Lagen $A_1 B_1$ und $C_1 D_1$ gekommen sein, die Berührung derselben finde in O_1 statt, und es seien EF und $E_1 F_1$ die gemeinschaftlichen Tangenten der Profilcurven in den Berührungspunkten O und O_1.

Wird die angenommene Elementarbewegung als unendlich klein gedacht, so sind die beiden Berührungstangenten parallel, und es fallen die beiden Punkte J und L zusammen, in welchen die Bewegungsrichtung des Punktes O der Curve AB die neue Lage $A_1 B_1$ und deren Tangente $E_1 F_1$ schneidet. Dasselbe gilt in Betreff der Curve CD des bewegten Körpers, auch hier fallen die beiden Punkte K und N zusammen, in welchen die Bewegungsrichtung OK des Punktes O der Curve CD diese letztere und die Berührungstangente schneidet. Bezeichnet man daher mit v und v_1 die Geschwindigkeiten, welche der Berührungspunkt O als Systempunkt des treibenden und des getriebenen Körpers hat, so gilt allgemein die Gleichung:

$$v : v_1 = OL : OK.$$

Zieht man durch einen beliebigen Punkt M zwei Gerade MF und ME parallel zu den Bewegungsrichtungen v und v_1 des Berührungspunktes O bis zu den Durchschnitten F und E mit der Berührungstangente in O, so ist auch durch das aus diesen drei Richtungen festgelegte Dreieck EMF das Verhältniß der beiden Geschwindigkeiten v und v_1 bestimmt, indem man dafür hat:

$$v : v_1 = MF : ME = \sin\beta : \sin\alpha.$$

Hierin sind mit α and β die Winkel EFM und FEM bezeichnet worden, welche die Berührungstangente der Curven in einem beliebigen Augenblicke mit den betreffenden Bewegungsrichtungen bildet, die dem Berührungspunkte in den beiden Systemen zukommen. Stehen diese beiden Richtungen in einem gewissen Augenblicke senkrecht auf einander, so geht obige Gleichung über in

$$v_1 = v \tan\alpha.$$

Zufolge der hier angenommenen unendlich kleinen Bewegung ist der Punkt O der Fläche AB nach J oder L und der Punkt O der Fläche CD nach N oder K gelangt; es muß also zwischen den beiden Flächen eine relative Verschiebung w auf einander in dem Betrage NL stattgefunden haben, und man hat daher aus dem Dreiecke EMF für diese relative Bewegung der Flächen auf einander die Gleichung:

$$v : v_1 : w = MF : ME : EF = \sin\beta : \sin\alpha : \sin(\alpha + \beta).$$

Diese relative Verschiebung w der Flächen auf einander ist für die praktischen Ausführungen von großer Wichtigkeit, insofern sie denjenigen Weg darstellt, auf welchem während der betrachteten Bewegung die zwischen den beiden Flächen auftretende gleitende Reibung überwunden werden muß. Die Größe dieser Reibung hängt natürlich in jedem Falle von dem zwischen den Flächen im Berührungspunkte obwaltenden Normaldrucke N ab und ist gleich φN zu setzen, wenn φ den Reibungscoefficienten bedeutet. Man erkennt leicht aus der Figur und aus der obigen Proportion, daß der Weg w dieser Reibung im Vergleiche zu dem Wege v_1 des getriebenen Punktes um so größer ist, je kleiner der Winkel α gewählt wird, den die Berührungstangente der

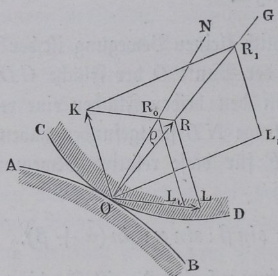
Flächen mit der Bewegungsrichtung des treibenden Punktes bildet, und es würde unter der Voraussetzung $\alpha = 0$, d. h. wenn die Tangente in die Bewegungsrichtung des treibenden Punktes hineinfällt,

$$v_1 = 0;\ w = v$$

ausfallen. In diesem Falle würde daher die ganze zur Bewegung aufzuwendende Arbeit lediglich zur Ueberwindung des schädlichen Reibungswiderstandes verbraucht werden, wie es bei dem Fortschieben einer Last auf einer horizontalen Ebene der Fall ist. Aus dieser Betrachtung ergiebt sich schon, daß die hier in Frage kommenden Getriebe meist mit beträchtlicher Reibungsarbeit verbunden sein werden, und daß sie daher im Allgemeinen zur Ausübung großer Arbeitsleistungen als wenig ökonomische Getriebe sich nicht besonders empfehlen. Man wendet sie auch meistens nur in Fällen an, wo die zu übertragenden Arbeiten gering sind, und wenn, wie bei Hammerwerken, das Gegentheil der Fall ist, so wählt man den Winkel α der Berührungstangente mit der Bewegungsrichtung des treibenden Punktes möglichst groß. Auch ist es wohl üblich, die gleitende Reibung mit Hülfe von Frictionsrollen herabzuziehen.

In Bezug auf den Winkel α, welchen die Berührungstangente EF der beiden Flächen mit der Bewegungsrichtung OL des treibenden Punktes O bildet, läßt sich noch folgende Bemerkung machen. Ist ON, Fig. 606, die gemeinschaftliche Normale der beiden Flächen im Berührungspunkte O, und trägt man an dieselbe den Reibungswinkel $\varrho = NOG$ an, so ist es nach der Lehre von der gleitenden Reibung bekannt, daß diese Gerade OG die Richtung derjenigen Reactionskraft angiebt, mit welcher die Fläche AB bei der stattfindenden Bewegung von O nach L auf die Fläche CD reagirt. Bedeutet daher etwa OK diejenige Kraft, welche auf den Punkt O des getriebenen Theiles CD ausgeübt werden muß, um Bewegung zu ermöglichen, und zeichnet man über OK das Parallelogramm $OKRL$, dessen andere Seite in die Bewegungsrichtung des Punktes O von AB und dessen Diagonale in die Reactionsrichtung OG hineinfällt, so stellt OL die an O anzubringende Triebkraft vor, welche bei der geringsten Vergrößerung die beabsichtigte Bewegung erzeugt. Wäre dagegen Reibung nicht vorhanden, so hätte man die Normale ON als Reactionsrichtung anzunehmen und aus dem Parallelogramme

Fig. 606.



OKR_0L_0 in OL_0 die theoretische Triebkraft zu entnehmen. Gesetzt nun, die Bewegungsrichtung des treibenden Punktes O der Fläche AB wäre nicht nach OL, sondern nach OL_1 gerichtet, so würde das Parallelogramm OKR_1L_1 in OL_1 die erforderliche Triebkraft ergeben. Diese Kraft wird um so größer werden, je mehr ihre Richtung OL_1 sich der Reactionsrichtung OG nähert, und man würde sie unendlich groß erhalten, wenn beide Richtungen zusammenfielen. In diesem Falle würde also überhaupt eine Bewegung nicht möglich sein, wie groß man auch die treibende Kraft annehmen wollte, und man schließt daraus, daß die Möglichkeit der Bewegungsübertragung durch zwei auf einander gleitende Flächen an die Bedingung geknüpft ist, daß die Bewegungsrichtung des treibenden Punktes mit der gemeinschaftlichen Normale der Flächen einen Winkel bildet, welcher den Reibungswinkel an Größe übertrifft.

Aus der vorstehend gefundenen Beziehung

$$v : v_1 = \sin \beta : \sin \alpha$$

geht hervor, daß das Verhältniß der Geschwindigkeiten der beiden Axen in jedem Augenblicke von der Neigung abhängig ist, welche die Berührungstangente mit den Bewegungsrichtungen der zur Berührung kommenden Punkte bildet, also von der Form der beiden Flächen. Man wird daher in jedem einzelnen Falle die Profile der beiden auf einander wirkenden Flächen so zu bestimmen haben, daß die Bewegungsübertragung in der verlangten Weise vor sich geht. Wie dies geschehen kann, soll an einigen Beispielen gezeigt werden.

Daumen. In der Praxis ist häufig die Aufgabe zu erfüllen, durch die §. 160.
gleichmäßige Drehung einer Welle einen um eine Axe oscillirenden Hebel in abwechselnde Schwingungen zu versetzen. Dieser Fall findet namentlich bei der Bewegung von Stirn- und Schwanzhämmern statt, und zwar derart, daß von der treibenden Welle nur die Erhebung des Hammerarms zu bewirken ist, während die Rückbewegung desselben durch das Hammergewicht geschieht, so daß durch den Fall des Hammers eine gewisse nützliche Arbeit zum Schmieden von Metall oder Zerkleinern harter Körper verrichtet werden kann. Zu diesem Behufe versieht man die treibende Welle mit einer oder mehreren Hervorragungen, welche den Namen Daumen oder Hebedaumen erhalten, und durch deren Form nach dem Vorstehenden wesentlich die Art bedingt ist, in welcher die Erhebung des Hammers erfolgt.

Setzt man zunächst als einfachsten Fall denjenigen voraus, in welchem bei einer gleichmäßigen Drehung der Daumenwelle die Hammeraxe ebenfalls mit gleichmäßiger Geschwindigkeit bewegt werden soll, so stimmt die Bewegungsübertragung mit derjenigen zweier Zahnräder für ein constantes Umsetzungs-