stattfinden, wie oben für die Geschwindigkeit c angedeutet wurde. Man kann daher die in Fig. 549 gefundene Geschwindigkeitscurve auch für die Veränderlichkeit der Umfangskraft U als maßgebend ansehen. Diese Uebereinstimmung zwischen den Gesetzen der Kraft und Geschwindigkeit läßt sich übrigens auch ohne Weiteres aus dem Princip der virtuellen Geschwindigkeiten erkennen, demzufolge jederzeit, auch für ungleichförmige Geschwindigkeiten und Kraftwirkungen, $Qc = Uv$ sein muß. Hiernach folgt auch ohne Weiteres, daß bei Voraussetzung einer constanten Kraft Q die mittlere oder durchschnittliche Umfangskraft

$$U = Q \frac{4r}{2\pi r} = 0,6366\ Q$$

ist. Für den Fall, daß die Kolbenkraft Q veränderlich ist, muß natürlich die von dem Gesetze dieser Veränderlichkeit abhängige mechanische Arbeit A während einer Bewegungsperiode, etwa einer Umdrehung, bestimmt werden, und man findet alsdann die mittlere Umdrehungskraft zu

$$U = \frac{A}{2\pi r}.$$

Hierüber wird in dem Folgenden ein Näheres angeführt werden.

§. 140. **Die oscillirende Kurbelschleife.** Die obigen Entwickelungen für die rotirende Schubkurbel gelten auch für die schwingende Kurbelschleife, wie sie bei den oscillirenden Dampfmaschinen zur Verwendung kommt, wovon man sich durch folgende Betrachtung überzeugt. Bezeichnet nämlich a den Abstand AC, Fig. 551, der Kurbelwelle A von der Schwingungsaxe C des Cylinders, so veranlaßt eine Drehung der Kurbel um den Winkel $B_1AB = \alpha$, vom äußeren Todtpunkte aus gerechnet, eine Verschiebung des Kolbens um

$$s = B_1C - BC = a + r - \sqrt{a^2 + 2ar\cos\alpha + r^2},$$

oder annähernd

$$s = a + r - a\left(1 + \frac{r\cos\alpha}{a} + \frac{r^2}{2a^2} - \frac{1}{2}\cdot\frac{1}{2}\,\frac{4r^2\cos^2\alpha}{2a^2}\right)$$

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

In gleicher Art findet man für den Rückgang des Kolbens, wenn die Kurbel von dem inneren Todtpunkte B_3 aus sich um $B_3AB' = \alpha$ gedreht hat,

$$s = B'C - B_3C = \sqrt{a^2 - 2ar\cos\alpha + r^2} - (a - r)$$

oder annähernd

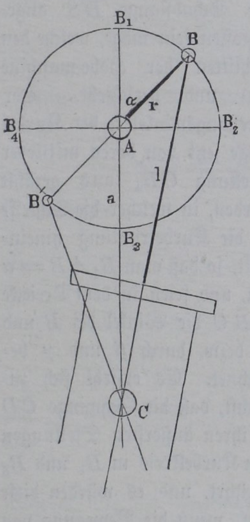
$$s = r\,(1 - \cos\alpha) + \frac{r^2}{2a}\sin^2\alpha,$$

so daß man allgemein für die Kolbenbewegung setzen kann:

$$s = r\,(1 - \cos\alpha) \mp \frac{r^2}{2a}\sin^2\alpha.$$

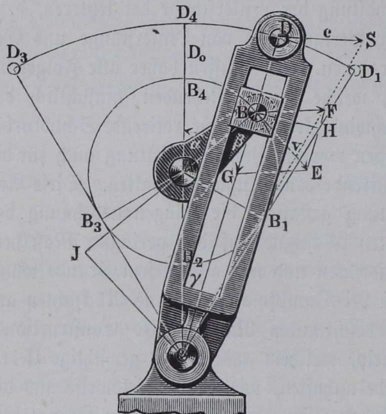
Dieser Ausdruck stimmt mit dem in §. 139 für die rotirende Schubkurbel gefundenen genau überein, wenn man in letzterem anstatt der Länge l der Schubstange den Abstand a der beiden Lager von A und C einführt, und entspricht dies ja auch der Entstehung der oscillirenden Kurbelschleife aus der rotirenden Schubkurbel durch Festhaltung der Lenkerstange der letzteren, d. i. durch Vertauschung von Lenkerstange und Gestellrahmen. Es müssen daher alle Folgerungen, welche im Vorstehenden hinsichtlich der Geschwindigkeiten für die rotirende Schubkurbel gezogen worden sind, ihre Geltung auch für die oscillirende Kurbelschleife behalten. Diese Anordnung gestattet, die Längenausdehnung der ganzen Maschine auf das geringste Maß herabzudrücken und nur aus diesem Grunde wählt man bei Dampfmaschinen aus Rücksichten auf den beschränkten Raum dieses Constructionsprincip, welchem andererseits gewichtige Uebelstände anhaften, wie sie beispielsweise aus der pendelnden Bewegung so schwerer Körper hervorgehen, als welche die Dampfcylinder ausgeführt werden müssen.

Fig. 551.



Dagegen benutzt man öfter für gewisse Arbeitsmaschinen die pendelnde Bewegung der Kolbenstange, indem man insbesondere von der Ungleichförmigkeit in deren Bewegungszustande Nutzen zieht. Eine häufigere derartige Anwendung findet die oscillirende Kurbelschleife bei kleineren Hobel- und Shaping-Maschinen, bei denen man dem Arbeitsstücke oder dem Meißel eine so langsame Vorwärtsbewegung, wie der Arbeitsproceß bedingt, ertheilt, während der Rückgang mit größerer Geschwindigkeit bewirkt wird, um die Verluste an Zeit möglichst herabzuziehen. Bei allen derartigen Maschinen geht der Antrieb von der Kurbelwelle aus, durch deren Umdrehung das betreffende Organ in regelmäßig schwingende Bewegung versetzt wird. Hierbei kann man immer die Umdrehung der Kurbel als eine ganz gleichmäßige betrachten, indem dieselbe vermöge ihres Zusammenhanges mit dem ganzen Betriebswerke der Fabrik in der Regel mit so großen Massen in directer und indirecter Verbindung steht, daß die Ungleichförmigkeit des Widerstandes in der kleinen Hobelmaschine nur ganz unbedeutende Geschwindigkeitsänderungen hervorrufen kann, abgesehen von der ausgleichenden Wirkung, welche der auf die Betriebsmaschine einwirkende Regulator fortwährend äußert. Es ist in diesem Falle von Interesse, die schwingende Bewegung der Kurbelschleife, bezw. des mit ihr verbundenen Organs unter Voraussetzung einer gleichförmigen Kurbeldrehung zu untersuchen. Zu dem Ende sei wieder $r = AB$, Fig. 552, die Länge der Kurbel und $a = AC$ der Abstand der beiden Axen, ferner $l = CD$ die Länge der Schwinge, an deren äußerem Ende bei D die Schubstange DS angeschlossen sein möge, welche den Schlitten der Hobelmaschine hin- und herschiebt. Der Drehungswinkel α der Kurbel möge jetzt von deren mittlerer Stellung CB_4 aus gezählt werden, in welcher die Schleife in die Kurbelrichtung hineinfällt, so daß man $B_4AB = \alpha$ hat, und seien in dem Dreiecke ABC die Winkel bei B und C bezw. durch β und γ bezeichnet. Es ersieht sich zunächst, daß die Schwinge CD in ihren äußersten Stellungen den Kurbelkreis in B_1 und B_3 berührt, und es würden diese Lagen zweien Todtlagen des Systems entsprechen, wenn die Bewegung von der Schwinge ausgehen würde, was aber nur in den allerseltensten Fällen stattfinden dürfte.

Fig. 552.



Die Zeit, welche die Schwinge zu dem Hingange von D_3 nach D_1 gebraucht, verhält sich daher zu der Zeit des Rückganges, wie der Bogen $B_3B_4B_1$ zu demjenigen $B_1B_2B_3$, welche Bögen die entsprechenden Kurbeldrehungen angeben. Die Führungslinie des Schlittens pflegt man so anzunehmen, daß dieselbe die Pfeilhöhe D_0D_4 des Bogens D_3D_1 halbirt, und auf der Mittellage CD_4 senkrecht steht, und daher kann man bei der geringen Größe dieser Pfeilhöhe im Vergleiche mit der Länge der Schubstange DS die Richtung der letzteren als parallel bleibend annehmen, indem man von den kleinen Abweichungen absieht, welche die Schubstange DS mit der Führungslinie des Schlittens bildet. Unter dieser Voraussetzung findet man die Geschwindigkeit c des Schlittens oder Schwingenendes D wie folgt.

Zerlegt man die constante Umfangsgeschwindigkeit $v = BE$ der Kurbelwarze in die beiden Componenten BG nach der Richtung der Schwinge und BF nach der Richtung der Schlittenführung, welche meist horizontal ist, so hat man die Geschwindigkeit c des Schlittens zu

$$c = \frac{DC}{BC} BF.$$

Nun ist aber, wenn $BH \perp BC$ ist:

$$BF = \frac{BH}{\cos\gamma} = v \frac{\cos\beta}{\cos\gamma},$$

daher folgt

$$c = \frac{DC}{BC\cos\gamma} v \cos\beta = \frac{l}{a + r\cos\alpha} v \cos\beta.$$

Für $\cos\beta$ erhält man andererseits, wenn CJ normal zu AB gezogen wird:

$$\cos\beta = \frac{BJ}{BC} = \frac{r + a\cos\alpha}{\sqrt{a^2 + 2ar\cos\alpha + r^2}},$$

so daß man

$$c = v \frac{r + a\cos\alpha}{a + r\cos\alpha} \frac{l}{\sqrt{a^2 + 2ar\cos\alpha + r^2}}$$

hat.

Für $\alpha = 0$ erhält man hieraus

$$c_{min} = v \frac{l}{a + r} = v \frac{CD}{CB_4}$$

und für $\alpha = 180^0$

$$c_{max} = -v \frac{l}{a - r} = -v \frac{CD}{CB_2},$$

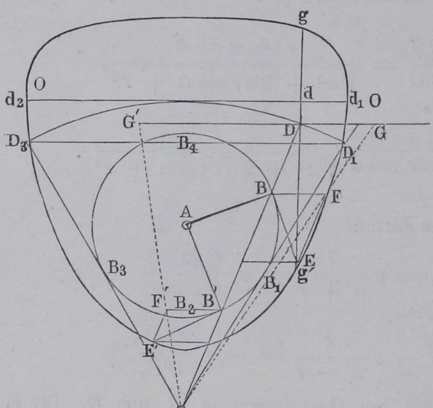
während für die Stellungen der Kurbelwarze in B_1 und B_3, für welche $\beta = 90^0$ ist, $c = 0$ folgt.

Von der Veränderlichkeit der Geschwindigkeit c verschafft man sich auch hier durch eine graphische Darstellung am besten eine Anschauung, wenn man, wie in Fig. 552 angegeben, verfährt. Ist zunächst das Verhältniß n gegeben, in welchem die Zeit des Vorgangs zu der des Rücklaufes stehen soll, so theile man den Kurbelkreis B in B_1 und B_3 nach diesem Verhältniß, indem man

$$B_1 B_2 B_3 = \frac{1}{n} B_3 B_4 B_1$$

macht, und man findet in dem Durchschnittspunkte C der beiden an B_1 und B_3 gelegten Tangenten den Drehpunkt der Schwinge, deren Länge CD dann aus dem vorgeschriebenen Hube $D_1 D_3$ des Schlittens sich ergiebt. Nun denke man sich für irgend eine Stellung CD der Schwinge in B und B' tangential an den Kurbelkreis nach einem beliebigen Maßstabe die Geschwindigkeit der Kurbelwarze $v = BE = B'E'$ angetragen, und gleichfalls an B, B' und D die Richtung der Schlittenführung gelegt, und ziehe EF und $E'F'$ parallel der Schwinge. Legt man hierauf durch C die Strahlen CF und CF', so findet man in DG und DG' die Geschwindigkeiten für den Vorgang und für den Rücklauf des Schlittens in der vorausgesetzten Stellung der Kurbel. Denkt man diese Construction für eine hinreichende Anzahl von Systemlagen wiederholt, und trägt die gefundenen Geschwindigkeiten $DG = dg$ und $DG' = dg'$ auf einer zur Schlittenbewegung parallelen Axe OO in dem zugehörigen Punkte d nach beiden Seiten als Ordinaten auf, so erhält man durch den Verlauf der entstehenden Curve $d_1 g d_3 g' d_1$ ein Bild von der Veränderung der Schlittengeschwindigkeit. Das Diagramm, Fig. 553, läßt erkennen, wie die Bewegung des Schlittens während seines Vorganges einer gleichförmigen Bewegung sehr nahe kommt, und man wird selbstredend die Geschwindigkeit v der Kurbel so zu wählen haben, daß die mittlere Geschwindigkeit während des Vorganges denjenigen Werth erreicht, der erfahrungsmäßig für den Proceß des Hobelns der vortheilhafteste ist. Man ersieht auch, daß die Beschleunigung des Schlittens bei erfolgendem Rückgange eine sehr schnelle ist, und es läßt sich aus dem Diagramme am besten erkennen, in wie fern der hier betrachtete Mechanismus zur Erreichung des beabsichtigten Zweckes geeignet ist.

Fig. 553.



§. 141. Die Kurbel mit veränderlicher Geschwindigkeit. Wenn wie bisher angenommen wird, daß die Kurbelwelle eine gleichförmige Bewegung empfängt, so ist die Geschwindigkeit c, mit welcher der Kreuzkopf sich bewegt, eine mit der Kurbelstellung veränderliche, und es schwankt, wie bereits in §. 139 ermittelt worden, diese Geschwindigkeit c zwischen den Grenzen Null in den todten Punkten und der Kurbelgeschwindigkeit v in den mittleren