geschwindigkeit $c = \overline{MF}$ auf der Mittelsenkrechten, wenn man durch den Endpunk von v bei einer beliebigen, durch den Winkel φ gegebenen Kurbelstellung die Parallele B! zur Schubstangenrichtung zieht. Fällt man nämlich das Lot $\overline{MG}$ auf FB, so liegt dasselbe in dem Dreieck MGB dem Winkel $\varphi + \psi$ gegenüber, während es mit der senkrechten Mittellinie ψ einschließt. Daraus folgt:

$$\overline{MG} = v \sin(\varphi + \psi) \quad \text{und} \quad \overline{MF} = \frac{\overline{MG}}{\cos\psi} = \frac{v \cdot \sin(\varphi + \psi)}{\cos\psi} = c\,.$$

Wird c über der zugehörigen Kreuzkopf- oder Kolbenstellung senkrecht zur Kolbenweglinie aufgetragen, so zeigt sich, daß die Kolbengeschwindigkeit ihren größten Wert $c_{\max}$ beim Hinlauf vor der Hubmitte, beim Rücklauf hinter derselben erreicht. Die Abweichung der Kurbelgeschwindigkeit ist um so bedeutender, je größer das Verhältnis $R:L$ ist; bei:

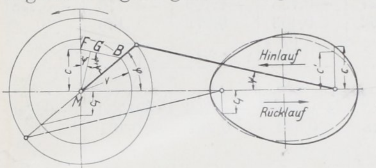

Abb. 1049. Zeichnerische Ermittlung der Geschwindigkeit am geraden Kurbeltrieb.

$$\frac{R}{L} = \frac{1}{5} \qquad \frac{1}{4{,}5} \qquad \frac{1}{4}$$

beträgt: $\quad c_{\max} = 1{,}02\,v \quad 1{,}025\,v \quad 1{,}031\,v\,.$

Für den Rücklauf wird die Geschwindigkeitskurve das Spiegelbild derjenigen des Hinlaufes, bezogen auf die Kolbenweglinie.

Annähernd tritt der Größtwert der Kolbengeschwindigkeit in der Lage ein, wo die Schubstange senkrecht zum Kurbelarm steht.

Setzt man $\psi = 0$, vernachlässigt also die endliche Länge der Schubstange, so wird

$$c' = v \cdot \sin\varphi\,. \tag{289}$$

Die Kolbengeschwindigkeit ist dann durch die Ordinaten der gestrichelt gezeichneten Ellipse mit dem Größtwert v, Abb. 1049, dargestellt.

Als mittlere Kolbengeschwindigkeit c_m bezeichnet man diejenige, mit der der Kolbenhub s in der gleichen Zeit zurückgelegt würde, wenn die Geschwindigkeit gleichförmig und nicht wechselnd wäre. Bei n Umdrehungen der Welle in der Minute wird:

$$c_m = \frac{2 \cdot n \cdot s}{60}\,. \tag{290}$$

Im Vergleich mit der Kurbelzapfengeschwindigkeit ist:

$$\frac{c_m}{v} = \frac{2}{\pi} = 0{,}6366 = \frac{1}{1{,}5708}\,.$$

3. Beschleunigungsverhältnisse am geraden Kurbeltriebe.

Zur Ermittlung der Kolbenbeschleunigung $b = \dfrac{dc}{dt}$ setze man in:

$$c = \frac{v \cdot \sin(\varphi \pm \psi)}{\cos\psi} = v\left(\sin\varphi \pm \frac{\cos\varphi \cdot \sin\psi}{\cos\psi}\right)$$

$$\sin\psi = \frac{R \cdot \sin\varphi}{L}$$

ein, während:

$$\cos\psi = \sqrt{1 - \sin^2\psi} = \sqrt{1 - \frac{R^2}{L^2}\sin^2\varphi}$$

für $\dfrac{R}{L} = \dfrac{1}{5}$ im äußersten Falle $\sqrt{1 - \dfrac{1}{25}} \approx 0{,}98$ wird und deshalb rund gleich 1 genommen werden darf. Damit wird:

$$c = v\left(\sin\varphi \pm \cos\varphi\,\frac{R}{L}\sin\varphi\right) = v\left(\sin\varphi \pm \frac{1}{2}\frac{R}{L}\sin 2\varphi\right),$$

lediglich eine Funktion von φ und kann differentiert werden, wobei:

$$b = \frac{dc}{dt} = v\left(\cos\varphi \pm \frac{R}{L}\cos 2\,\varphi\right)\cdot\frac{d\varphi}{dt}$$

und schließlich mit:

$$\frac{d\varphi}{dt} = \omega = \frac{v}{R}$$

$$b = \frac{v^2}{R}\left(\cos\varphi \pm \frac{R}{L}\cos 2\,\varphi\right) \tag{291}$$

wird. Werte für die Klammer bei verschiedenen Schubstangenlängen und Kurbelwinkeln gibt die Zusammenstellung 112 auf Seite 602. Den Größtwert erreicht b während des Hingangs im inneren Totpunkte bei $\varphi = 0^0$ mit:

$$b_0 = b_{\max} = \frac{v^2}{R}\left(1 + \frac{R}{L}\right). \tag{292}$$

Für $\varphi = 90^0$ wird:

$$b_{90} = -\frac{v^2}{R}\cdot\frac{R}{L}, \tag{293}$$

für $\varphi = 180^0$, also im äußeren Totpunkte: $b_{180} = -\frac{v^2}{R}\left(1 - \frac{R}{L}\right)$, (294)

vgl. Abb. 1050, welche für ein Stangenverhältnis $\frac{R}{L} = \frac{1}{2{,}8}$ gilt. Beim Hingange sinkt die im inneren Totpunkte sehr große Beschleunigung b_0, den im Verhältnis zu den Kurbelwinkeln kleinen Kolbenwegen entsprechend, rasch bis auf Null im Punkte C, wo die Kolbengeschwindigkeit ihren Größtwert erreicht und wird dann negativ, so daß nunmehr die Massen verzögert werden. Zahlenmäßig weist die Verzögerung, weil sie sich auf der längeren Strecke CB verteilt, geringere Werte als die Beschleunigung auf. Der Verlauf beim Rückgang ist durch das Spiegelbild desjenigen beim Hinlauf gegeben und durch mäßige Beschleunigungen auf der Strecke BC, aber durch rasch auf große Werte steigende Verzögerungen zwischen C und A gekennzeichnet.

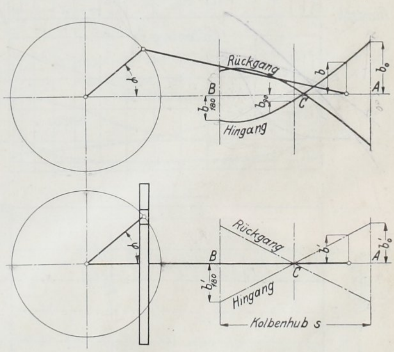

Abb. 1050. Beschleunigungsverhältnisse am geraden Kurbeltrieb.

Unter Vernachlässigung der endlichen Länge der Schubstange wird die Beschleunigung:

$$b' = \frac{dc'}{dt} = v\cdot\cos\varphi\cdot\frac{d\varphi}{dt} = \frac{v^2}{R}\cos\varphi\,. \tag{295}$$

Sie ist durch die geraden Linien der Abb. 1050 unten mit den Größtwerten:

$$b_0' = \frac{v^2}{R} \quad \text{und} \quad b'_{180} = -\frac{v^2}{R}$$

in den beiden Totpunkten und dem Werte $b'_{90} = 0$ in der Mitte des Hubes dargestellt, die auch für die Kurbelschleife, Abb. 1069, gelten. $\frac{v^2}{R} = \omega^2\cdot R$ entspricht der Zentripetalbeschleunigung der Kreisbewegung, die eben in den Totpunkten aufgewendet werden muß, um die hin- und hergehenden Massen zu zwingen, dem Kurbelkreise zu folgen. Bei endlicher Länge der Schubstange ist die aufzubringende Beschleunigung, wie oben gezeigt, größer; z. B. beträgt sie bei $\frac{R}{L} = \frac{1}{5}$ das 1,20fache.