und $\frac{\sin(\varphi \pm \psi)}{\cos \psi}$ **am geraden Kurbeltrieb.**

90 270	100 260	110 250	120 240	130 230	140 220	150 210	160 200	170 190	180°
—0,200 1,000	—0,362 0,950	—0,495 0,874	—0,600 0,779	—0,678 0,666	—0,731 0,542	—0,766 0,413	—0,785 0,278	—0,796 0,139	—0,800 0
—0,222 1,000	—0,382 0,946	—0,512 0,867	—0,611 0,768	—0,681 0,655	—0,727 0,532	—0,755 0,403	—0,769 0,271	—0,776 0,136	—0,778 0
—0,250 1,000	—0,409 0,941	—0,534 0,857	—0,625 0,755	—0,686 0,641	—0,723 0,518	—0,741 0,391	—0,748 0,261	—0,750 0,131	—0,750 0

oder in erster Annäherung, nämlich bei Vernachlässigung der Strecke $\overline{GF}$ gegenüber $2\,L$:

$$\overline{GF} \approx \frac{\overline{CF}^2}{2\,L} = \frac{R^2 \sin^2 \varphi}{2\,L},$$

$$x = R\,(1 - \cos \varphi) \pm \frac{R^2 \sin^2 \varphi}{2\,L}. \tag{286}$$

Der Winkel ψ nimmt um so kleinere Werte an, je größer die Schubstangenlänge L im Verhältnis zum Kurbelhalbmesser R ist. Im Grenzfall $L = \infty$ wird $\psi = 0$ und der Kolbenweg:

$$x' = R\,(1 - \cos \varphi). \tag{287}$$

Dann ist er also durch die Projektion der Kurbelzapfenmitte auf die Kolbenweglinie gegeben, wobei noch die Wege für den Hin- und Rückgang bei gleichen Kurbelwinkeln φ gleich groß werden.

2. Geschwindigkeitsverhältnisse am geraden Kurbeltriebe.

Für den Hingang gibt eine gleichförmige Kurbelgeschwindigkeit v bei ihrer Zerlegung in der Richtung der Schubstange und senkrecht dazu nach Abb. 1048 die Stangengeschwindigkeit $v_l = v \sin(\varphi + \psi)$ und die Kolbengeschwindigkeit:

$$c = \frac{v_l}{\cos \psi} = \frac{v \sin(\varphi + \psi)}{\cos \psi}, \tag{288a}$$

da v_l als Komponente von c betrachtet werden kann. Für den Rückweg gilt:

$$c_1 = \frac{v \sin(\varphi - \psi)}{\cos \psi}. \tag{288b}$$

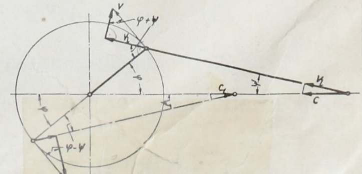

Abb. 1048. Geschwindigkeitsverhältnisse am geraden Kurbeltrieb.

Die Kolbengeschwindigkeit ist demnach von φ und ψ und damit von dem Verhältnis $\frac{R}{L}$ abhängig, das bei liegenden Maschinen zu $\frac{1}{5}$, bei stehenden bis zu $\frac{1}{4{,}5}$ und $\frac{1}{4}$ gewählt zu werden pflegt. Zusammenstellung 112 enthält die Werte von $\frac{\sin(\varphi \pm \psi)}{\cos \psi}$ für Kurbelwinkel von 10° zu 10°.

Bei der zeichnerischen Ermittlung trägt man v polar auf, erhält bei gleichförmiger hwindigkeit einen Kreis mit dem Halbmesser v, Abb. 1049, und findet die Kolbengeschwindigkeit $c = \overline{MF}$ auf der Mittelsenkrechten, wenn man durch den Endpunkt von v bei einer beliebigen, durch den Winkel φ gegebenen Kurbelstellung die Parallele BF zur Schubstangenrichtung zieht. Fällt man nämlich das Lot $\overline{MG}$ auf $\overline{FB}$, 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:

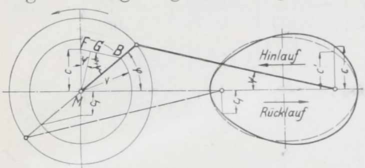

Abb. 1049. Zeichnerische Ermittlung der Geschwindigkeit am geraden Kurbeltrieb.

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

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

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

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