Der Maschinenbau

Redtenbacher, Ferdinand

Mannheim, 1862

Kreuzkopf und Linealführung

urn:nbn:de:bsz:31-270970

wird, muss $P \cos \beta$ nicht nur $Q \sin \alpha$, sondern auch die Reibung $f (Q \cos \alpha - P \sin \beta)$ zu überwinden im Stande sein. Man hat daher:

$$P \cos \beta = Q \sin \alpha + f (Q \cos \alpha - P \sin \beta)$$

Hieraus folgt:

$$P = Q \frac{\sin \alpha + f \cos \alpha}{\cos \beta + f \sin \beta} \quad \ldots \ldots \ldots (1)$$

Will man die Kraft P_1 kennen lernen, welche statt P im Stande ist, das Herabgleiten zu verhindern, so hat man nur in dem Ausdruck (1) P_1 statt P und $-f$ statt f zu setzen. Man findet demnach:

$$P_1 = Q \frac{\sin \alpha - f \cos \alpha}{\cos \beta - f \sin \beta} \quad \ldots \ldots \ldots (2)$$

Wirken die Kräfte P und P_1 nach horizontaler Richtung, so ist $\beta = - \alpha$ und dann wird:

$$\left.\begin{aligned} P &= Q \frac{\sin \alpha + f \cos \alpha}{\cos \alpha - f \sin \alpha} = Q \frac{\tang \alpha + f}{1 - f \tang \alpha} \\ P_1 &= Q \frac{\sin \alpha - f \cos \alpha}{\cos \alpha + f \sin \alpha} = Q \frac{\tang \alpha - f}{1 + f \tang \alpha} \end{aligned}\right\} \ldots (3)$$

Die Kraft P_1 wird Null, d. h. der Körper gleitet selbst dann nicht herab, wenn er gar nicht gehalten wird, wenn

$$\tang \alpha = f \quad \ldots \ldots \ldots \ldots (4)$$

Die Kraft P wird unendlich gross, wenn

$$\tang \alpha = \frac{1}{f} \quad \ldots \ldots \ldots \ldots (5)$$

Kreuzkopf und Linealführung. Der Druck des Kreuzkopfes gegen das Führungslineal ist veränderlich mit der Stellung der Kurbel.

Nennt man Fig. 5, Tafel XIV. P die Kraft, mit welcher der Kolben getrieben wird, r den Halbmesser der Kurbel, α den Winkel, den in irgend einem Augenblick der Bewegung ihre Richtung mit jener der Kolbenstange bildet, l die Länge der Schubstange, β den veränderlichen Winkel, den ihre Richtung mit jener der Kolbenstange bildet, N die wechselseitige Pressung zwischen dem Kreuzkopf und dem Führungslineal, S den in der Schubstange wirkenden Widerstand, f den Reibungscoeffizienten. Dies vorausgesetzt hat die Kraft P nicht nur den Widerstand $S \cos \beta$, sondern auch die Reibung $N f$ zu überwinden.

Man hat daher:

$$S \cos \beta + f\, N = P \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (1)$$

Es ist aber ferner:

$$S \sin \beta = N \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (2)$$

Hieraus folgt, wenn man S eliminirt und N sucht:

$$N = P \frac{\sin \beta}{\cos \beta + f \sin \beta} \quad \ldots\ldots\ldots \quad (3)$$

Der Reibungswiderstand beträgt also in dem Augenblick, wenn die Schubstange mit der Kolbenrichtung einen Winkel β bildet:

$$N f = P f \frac{\sin \beta}{\cos \beta + f \sin \beta} \quad \ldots\ldots\ldots \quad (4)$$

Dieser Reibungswiderstand ist mit β variabel, suchen wir also den mittleren Werth desselben von $\beta = o$ bis zu $\beta = \frac{r}{l}$, d. h. für die Bewegung der Kurbel durch nahe einen Quadranten.

Heissen wir diesen mittleren Werth F_m und setzen $\frac{r}{l} = \gamma$, so ist:

$$F_m = \frac{1}{\gamma} \int_o^\gamma N f\, d\beta$$

oder wenn man für $N f$ seinen Werth aus (4) einführt:

$$F_m = \frac{P f}{\gamma} \int_o^\gamma \frac{\sin \beta\, d\beta}{\cos \beta + f \sin \beta} \quad \ldots\ldots\ldots \quad (5)$$

Das genaue Integrale dieser Gleichung ist ein sehr complizirter Ausdruck; für unsern Zweck genügt eine Annäherung, die wir erhalten, wenn wir bedenken, dass in allen Anordnungen γ eine kleine Grösse ist. Wir setzen daher:

$$\cos \beta = 1, \quad \sin \beta = \beta$$

Dann wird:

$$F_m = \frac{P f}{\gamma} \int_o^\gamma \frac{\beta\, d\beta}{1 + f \beta}$$

Es ist aber:

$$\frac{\beta}{1 + f \beta} = \frac{1}{f} \left(1 - \frac{1}{1 + f \beta}\right)$$

Demnach:

$$F_m = \frac{P}{\gamma} \int_0^\gamma \left(1 - \frac{1}{1 + f\,\beta}\right) d\,\beta$$

Das Integrale ist:

$$F_m = \frac{P}{\gamma} \left[\gamma - \frac{1}{f} \text{ lognat } (1 + f\,\gamma) \right]$$

oder

$$F_m = P \left[1 - \frac{1}{f\,\gamma} \text{ lognat } (1 + f\,\gamma) \right]$$

Weil das Produkt $f\,\gamma$ gegen die Einheit jederzeit sehr klein ist, so begeht man keinen merklichen Fehler, wenn man setzt:

$$\text{lognat } (1 + f\,\gamma) = f\,\gamma - \frac{1}{2} f^2\,\gamma^2$$

und dann wird

$$F_m = \frac{1}{2}\,P\,f\,\gamma = \frac{1}{2}\,P\,f\,\frac{r}{l} \quad \ldots\ldots \quad (6)$$

Nennt man v die mittlere Geschwindigkeit des Kolbens und e den zur Ueberwindung der Reibung erforderlichen Krafteffekt, so ist $e = v\,F_m$ demnach

$$\left.\begin{aligned} e &= \frac{1}{2}\,P\,f\,\frac{r\,v}{l} = P\,v\,\frac{1}{2}\,\frac{r}{l}\,f \\ \frac{e}{P\,v} &= \frac{1}{2}\,\frac{r}{l}\,f \end{aligned}\right\} \quad \ldots\ldots \quad (7)$$

Dieser Quotient ist das Verhältniss des Effektes, der verloren geht, und des im Kolben wirkenden Effektes. Derselbe drückt also den verhältnissmässigen Effektverlust aus. Bei Lokomotiven ist $\frac{r}{l} = \frac{1}{6}$ $f = \frac{1}{10}$, demnach

$$\frac{e}{P\,v} = \frac{1}{120} = 0{\cdot}008$$

Der Verlust beträgt also in diesem Falle kaum 1 Prozent, wäre also leicht zu verschmerzen, wenn nicht der fatale Umstand wäre, dass durch die Reibung des Kreuzkopfes am Lineal ein Hohlausschleifen desselben entstünde, weil der Druck N am Anfang und

Ende eines Kolbenschubes gleich Null, in der Mitte des Kolbenschubes dagegen $P \frac{r}{l}$ wird.

Es ist noch zu bemerken, dass der Kreuzkopf immer nur gegen das eine der beiden Lineale einen Druck ausübt, so lange die Bewegungsrichtung der Kurbel keine Aenderung erleidet. Beim Vorwärtsfahren drückt der Kreuzkopf gegen das obere Lineal, dies wird also vorzugsweise ausgeschliffen, und muss insbesondere sorgfältig geölt werden, was aber dadurch geschehen sollte, indem man mit dem Kreuzkopf selbst das Oelgefäss verbindet und hin- und herlaufen lässt.

Kolbenreibung. Damit eine Kolbendichtung, ohne unnöthige Reibung zu veranlassen, hinreichend verschliesst, muss dieselbe eine gewisse Höhe haben, und mit einer gewissen Intensität gegen die Wandfläche angepresst werden.

Nennt man D den Durchmesser des Kolbens, $\mathfrak{h}$ die parallel mit der Axe gemessene Höhe der Kolbendichtung, $\mathfrak{p}$ die Intensität der Pressung, d. h. die Kraft, mit welcher jeder Quadratcentimeter der Dichtungsfläche gegen die Wand gepresst ist, f den Reibungscoeffizienten, p die Differenz der Pressungen der Flüssigkeit vor und hinter dem Kolben, auf 1 Quadratcentimeter bezogen, so ist der Betrag der Kolbenreibung:

$$D \pi \mathfrak{h} \mathfrak{p} f$$

Dagegen ist die Kraft, mit welcher der Kolben fortgetrieben wird: $\frac{D^2 \pi}{4} p$. Das Verhältniss des Reibungswiderstandes zur gesammten Kraft, die auf den Kolben wirkt, ist demnach:

$$\frac{D \pi \mathfrak{h} \mathfrak{p} f}{\frac{1}{4} D^2 \pi p} = \frac{4}{D} \frac{\mathfrak{h} \mathfrak{p}}{p} f$$

Es scheint, dass der Quotient $\frac{\mathfrak{h} \mathfrak{p}}{p}$ genau oder nahe einen constanten Werth hat. Unter dieser Voraussetzung ist der verhältnissmässige Kraftverlust, den eine Kolbenreibung verursacht, dem Reibungscoeffizienten direkt und dem Durchmesser des Kolbens verkehrt proportional.

Kleinere Kolben verursachen demnach verhältnissmässig grössere Kraftverluste als grosse, daher in dieser Hinsicht grosse Pumpen und Dampfmaschinen vortheilhafter sind, als kleine. Leider gibt es