

## 1. Schubstange unendlich lang.

a) Liegende Maschinen. Der Horizontaldruck auf die Kurbel und das Kurbellager einer Dampfmaschine ist gleich dem Dampfdruck weniger dem Beschleunigungsdruck; bedeutet:

$f$  die freie Kolbenfläche,

$p$  den jeweiligen Dampfüberdruck,

$q$  den Beschleunigungsdruck Gl. (3),

so ist der Dampfdruck auf den Cylinderdeckel . . . . .  $f \cdot p$ .

Die Differenz  $f \cdot p - f \cdot (p - q) = f \cdot q = \pm F \cos \omega$  ist also jener freie Druck, welcher bei irgend einer Kurbellage  $\omega$  als verschiebende Kraft in Rahmen auftritt.

Hiebei ist  $F = \frac{P}{g} \frac{w^2}{r}$  und genau wie in Gl. (2)

$P$  das Gewicht der hin- und hergehenden Theile,

$w$  die Geschwindigkeit im Kurbelkreise von

$r$  dem Halbmesser desselben,

$\omega$  der Erhebungswinkel der Kurbel von der Todtlage aus.

Um den Einfluss dieser Kraft unschädlich zu machen, genügt bei kleinen Maschinen und solchen, welche mit mäßiger Geschwindigkeit arbeiten, deren Verbindung mit der großen Masse des Fundamentmauerwerkes, welches bei genügender Größe und solider Verschraubung die angestrebten Bewegungen zur Unmerklichkeit verkleinert.

Steigt aber die Geschwindigkeit und mit ihrem Quadrate die Fliehkraft  $F$ , so darf jene verschiebende Kraft nicht mehr übersehen oder bloß einem schwerer werdenden Fundamente anvertraut werden. Dies umsoweniger, als es ein einfaches Mittel gibt diese Kraft überhaupt gänzlich oder zum größten Theile zu vernichten.

Dieses Mittel ist die Balanzirung der hin- und hergehenden Theile durch das Gegengewicht.

Es liegt nahe, dass vorerst die kreisenden Theile, d. i. die Kurbel und der an der Rotation theilnehmende Betrag der Schubstange, durch ein Gegengewicht gleichsam in statisches Gleichgewicht gebracht werden können, welches dann auch bei der Drehung andauert, indem sich alle von den hin- und hergehenden Massen unabhängig geweckten Fliehkräfte als gleich und entgegengesetzt wirkend, stets aufheben.

Wird aber außerdem im Kurbelkreise, dem Kurbelzapfen im Durchmesser gegenüber, noch eine Masse vom Gewichte  $P$  dem Gewicht der hin- und hergehenden Theile hinzugebracht, so entwickelt diese bei der Drehung eine Fliehkraft, welche in der radialen Richtung  $F = \frac{P}{g} \frac{w^2}{r}$  beträgt.

Im horizontalen Sinne bietet dieses mitrotirende Gewicht daher die veränderliche Componente  $\pm F \cdot \cos \omega$ , welche als Horizontaldruck in's Kurbellager tritt. Dort mangelt aber eben in der ersten Hubhälfte, in Folge der noch zu beschleunigenden Gestängsmassen, genau der gleiche Druck, und ebenderselbe herrscht auch in der zweiten Hubhälfte wegen des Ausschwunges dieser Massen als freier Ueberdruck dort vor.

Die neue, durch das Gegengewicht erbrachte Horizontalcomponente, welche stets gleicher Größe, aber entgegengesetzter Richtung wie die frühere Druckdifferenz wirkt, vermehrt nun den Horizontaldruck im Lager während der ersten Hälfte des Kolbenweges um ebensoviele als wegen der Massenbeschleunigung entfällt, und bekämpft gegen Ende des Hubes den mehr übertragenen Druck im Kurbellager, so dass das Dampfdruckdiagramm nun hier genau wieder so auftritt wie am Cylinderdeckel, und die Maschine nunmehr unberührt von den Einflüssen der hin- und hergeschleuderten Massen und deren Geschwindigkeit im horizontalen Sinne völlig unbewegt auf ihrer Unterlage ruhen kann. (Vergl. Fig. 67.)

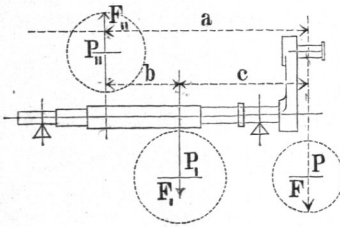


Ist es möglich, in den Entfernungen  $a$  und  $b$  Massen unterzubringen, welche die Fliehkräfte  $F$ , und  $F_{,,}$  entwickeln, so müsste principiell werden (Fig. 68)

$$F, = F \frac{a}{b} \quad \text{und} \quad F_{,,} = F \frac{c}{b}.$$

Sind zwei oder mehrere Maschinen vorhanden, so werden für jede gesondert die Gegengewichte  $P$  und  $Q$  berechnet. Die in ein- und derselben Ebene anzubringenden Gewichte können dann nach dem Kräfteparallelogramm zu einem einzigen resultirenden Gewichte zusammengesetzt werden. Stehen die Kurbeln unter  $90^\circ$  und sind die Halbmesser gleich, so wird die Größe des Gewichtes

Fig. 68



$$P_{,,} = \sqrt{P,^2 + Q_{,,}^2}$$

und der Winkel gegen die Gegenlage der ersten Kurbel nach

$$\operatorname{tg} \omega = \frac{Q_{,,}}{P,}$$

der Lage der zweiten Kurbel genähert. (Vergl. Fig. 69.)

Nach gleichem Vorgange wären die Massen von dreicylindrigen Maschinen, oder selbst schwerer hin- und hergehende Schieber und Steuerungstheile zu balanciren, wenn hohe Geschwindigkeit und schwache Grundrahmen und Fundamente gleichzeitig verwendet werden sollen.

Bei den normalen großen Stationärmaschinen wird wohl heute noch kein Gegengewicht benutzt, trotzdem deren Kolbengeschwindigkeit bereits 3 m per Secunde erreicht.

Betrachtet man aber das Verhältniss des Querschnittes der Kolbenstangen zu jenem des Maschinenbalkens, so findet man letzteren zwanzig- und noch mehrmal größer als den Stangen-

querschnitt, der doch gleiche Kraft überträgt. Bei solcher enormer Ueberdimensionirung des Rahmens, der sich noch dazu bequem in die Breite construiren und mit einem schweren Fundamentmauerwerk auf gehobelten oder untergossenen Flächen aufpassen und mit kräftigen Schrauben verbinden lässt, kann allerdings die Fesselung der Maschinen erfolgen und ihr ruhiges Verhalten erzwungen werden, welches sie freiwillig nicht befolgen würde.

Bei den mit  $4m$  Kolbengeschwindigkeit arbeitenden Reversierwalzenzugmaschinen haben sich aber schon heute die Gegengewichte als nöthig erwiesen, um den Bestand zu sichern.

Bei Maschinen, welche schwache und schmale Rahmen erhalten müssen, und nicht an ein Fundament gebunden werden können, z. B. der Locomotivmaschinen, wird das Gegengewicht ganz allgemein verwendet. Es wird aber auch für Stationärmaschinen seinen Platz einnehmen, wenn gesteigerte Anforderungen betreffs der Kolbengeschwindigkeit und der Sparsamkeit an Material zu höherer Geltung kommen werden, als es gegenwärtig noch der Fall ist.

Allerdings kommt die Verticalcomponente der Fliehkraft (Fig. 67)  $\pm F \sin \omega$  auch ins Spiel. Diese Componente, welche bei senkrechter Lage der Kurbel, bei  $\omega = 90^\circ$  ihren Maximalwerth  $= \pm F$  erreicht, geht aber direct und senkrecht ins Fundament und hat auf das Stilleliegen einer normalen Maschine keinen wesentlichen Einfluss. Sie erhöht wohl zeitweilig die Belastung der unteren Schale, und sucht dann wieder die Kurbelwelle und durch die Lagerschrauben den Bettbalken nach oben zu biegen und die Maschine vom Fundamente abzuheben; aber meistens genügt der vom Kurbellager getragene Theil des Schwungradgewichtes zu ihrer Unschädlichmachung allein, und nur bei sehr schnell gehenden Maschinen mit leichtem Rade können Vorkehrungen gegen ihre Wirkung nothwendig werden.