den dritten Theil ihres Gewichtes, welches im mittleren Halbmesser des Ringes angebracht ist, ersetzt denken.

Bezeichnet ferner F den Querschnitt des Schwungrades und $F_1 = \nu F$ denjenigen jedes der z Arme, so hat man, unter γ das specifische Gewicht des Gußeisens verstanden, $R = 2\pi r F\gamma$ und sehr nahe $A = z\nu F r\gamma$, folglich:

$$G = (2\pi + {}^1/_3\, z\nu)\, F r\gamma,$$

woraus man, wenn $G = Mg$ gefunden wurde, den Kranzquerschnitt F durch

$$F = \frac{G}{(2\pi + {}^1/_3\, z\nu)\, r\gamma} = \frac{0{,}0000221}{1 + 0{,}053\, z\nu}\,\frac{G}{r}$$ Quadratmeter findet.

Die Anzahl der Radarme z variirt zwischen 4 und 8, das Querschnittsverhältniß $\nu = \frac{F_1}{F}$ passend zwischen 0,25 und 0,5, und man pflegt die radiale Breite des Ringes gleich der einfachen bis zweifachen Dicke desselben zu machen.

Beispiel. Für das in §. 192 berechnete Schwungrad ergab sich eine auf den Angriffspunkt der Daumen reducirte Masse von 211875 Kilogramm. Wenn dieser Punkt einen Halbmesser von 0,6 Meter, der mittlere Kreis des Schwungringes dagegen einen solchen von $r = 3$ Meter hat, so ergiebt sich die auf diesen Halbmesser reducirte Masse zu

$$211875\,\frac{0{,}6^2}{3^2} = 8475.$$

Nimmt man den Querschnitt von jedem der sechs Arme $F_1 = {}^1/_3\, F$, so ergiebt sich

$$F = \frac{0{,}0000221}{1 + 0{,}053 \,.\, 6 \,.\, {}^1/_3}\,\frac{8475}{3} = 0{,}0564 \text{ Quadratmeter.}$$

Wählt man das Verhältniß der Breite b zur Dicke d des Ringquerschnittes gleich 1,5, so folgt aus $1{,}5\, d^2 = 0{,}0564$:

$$d = 0{,}194 \text{ Meter und } b = 0{,}290 \text{ Meter.}$$

Festigkeit der Schwungräder. Da die lebendige Kraft des Schwungrades mit dem Gewichte G im einfachen, mit der Geschwindigkeit v oder dem Halbmesser r dagegen im quadratischen Verhältnisse zunimmt, so wird man mit einem um so kleineren Gewichte G des Schwungrades ausreichen, je größer die Geschwindigkeit v oder der Halbmesser r des Rades gewählt wird. Außerdem wird mit einem geringeren Schwungradgewichte auch die Lagerreaction und damit die durch das Schwungrad veranlaßte Zapfenreibung kleiner werden. Andererseits hat aber die Umfangsgeschwindigkeit des Schwungringes ihre natürliche Grenze in der Festigkeit des letzteren, welche bei übermäßiger Geschwindigkeit durch die Centrifugalkraft des Radkranzes gefährdet wird. Aus diesem Grunde pflegt man die Umfangsgeschwindigkeit des Schwungringes nicht gern über 30 bis 35 Meter pro Secunde anzunehmen. §. 194.

Man kann den höchstens zulässigen Werth dieser Geschwindigkeit allgemein in folgender Weise bestimmen.

Die Centrifugalkraft P eines Elementes AB des Schwungringes, Fig. 760, vom Halbmesser $AC = r$ und dem Centriwinkel $ACB = \alpha$ ist durch

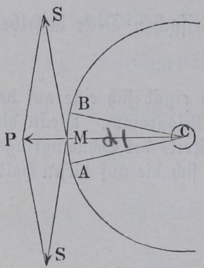
$$P = \frac{m v^2}{r} = \frac{F \alpha r \gamma v^2}{r g} = \frac{F \alpha \gamma v^2}{g}$$

gegeben, wenn

$$m = \frac{F \alpha r \gamma}{g}$$

die Masse des Elementes AB ist. Diese Kraft P läßt sich in zwei tangential an A und B gerichtete Spannungen S zerlegen, für welche man hat

Fig. 760.



$$S = \frac{P}{2 \sin \frac{\alpha}{2}},$$

oder, da für einen kleinen Winkel $\sin \alpha = \alpha$ zu setzen ist,

$$S = \frac{P}{\alpha} = \frac{F \gamma v^2}{g}.$$

Setzt man hierin $S = Fk$, unter k die höchstens zulässige Materialspannung für Gußeisen verstanden, so folgt aus $Fk = \frac{F \gamma v^2}{g}$ die Spannung

$$k = \frac{\gamma v^2}{g} = \frac{7200}{9,81} v^2 = 734 v^2 \text{ Kilogramm pro Quadratmeter.}$$

Die größtmögliche Umfangsgeschwindigkeit des Schwungrades erhält man daher zu

$$v = \sqrt{\frac{g k}{\gamma}} = 0,037 \sqrt{k}$$

ganz unabhängig von den Raddimensionen. Nimmt man für Gußeisen $k = 3$ Kilogramm pro Quadratmillimeter, also 3000000 für einen Quadratmeter und $\gamma = 7200$ Kilogramm an, so erhält man

$$v = \sqrt{9,81 \frac{3000000}{7200}} = 63,5 \text{ Meter}$$

als die bei dieser Spannung höchstens zulässige Umfangsgeschwindigkeit.

Obige Formel gilt nur für einen aus einem Stücke gegossenen Schwungring; ist derselbe jedoch aus einzelnen Felgen zusammengesetzt, so muß auch noch die Festigkeit der Verbindungsstücke geprüft werden, welche ebenfalls der Spannung $S = \frac{F \gamma v^2}{g}$ ausgesetzt sind. Bezeichnet daher F_1 den Querschnitt eines Verbindungstheils und k_1 die für das Material desselben zugelassene Spannung, so hat man

$$F_1 k_1 = \frac{F \gamma v^2}{g}, \text{ also } F_1 = \frac{v^2 \gamma}{g k_1} F$$

zu machen. Um die Verbindungsstücke nicht übermäßig stark machen zu müssen, verwendet man zu denselben immer Schmiedeeisen, und wenn man für dieses Material $k_1 = 10$ Kilogramm annimmt, so erhält man

$$F_1 = \frac{7200 \ F v^2}{9{,}81 \ 10000000} = 0{,}0000734 \ F v^2.$$

Für eine Maximalgeschwindigkeit z. B. von $v = 30$ Metern folgt hieraus

$$F_1 = 0{,}066 \ F.$$

Derselben Kraft müssen natürlich auch die Splinte und Bolzen der Verbindungstheile widerstehen.

Die vorstehende Rechnung nimmt auf den Einfluß der Arme keine Rücksicht, sondern betrachtet nur den Ring an sich, als einen durch die Centrifugalkraft auf Zerreißen in ähnlicher Art wie ein Mühlstein beanspruchten Körper. Die Arme üben aber auf die Anstrengung des Materials einen wesentlichen Einfluß aus. Eine genauere Untersuchung der Spannungen, welche durch die Centrifugalkräfte des Schwungringes in demselben hervorgerufen werden, findet man in Grashof, die Festigkeitslehre. Hier werden die einzelnen, zwischen zwei Armen befindlichen Segmenttheile wie Träger oder Balken behandelt, welche an ihren Enden, wo sie sich an die Arme anschließen, als fest eingeklemmt anzusehen sind, und durch die auf ihre Länge vertheilten Centrifugalkräfte der Massentheile auf ihre Biegungsfestigkeit in Anspruch genommen werden. Aus dieser Untersuchung folgt, wie in dem Thl. I, §. 242, angeführten analogen Falle eines beiderseits eingeklemmten gleichmäßig belasteten Balkens, daß das größte Spannungsmoment an den Befestigungsstellen, bei dem Schwungringe also in den durch die Arme geführten Querschnitten auftritt. Für ein sechsarmiges Schwungrad, bei welchem Ring und Arme aus Gußeisen bestehen, findet sich bei einem Verhältnisse des Armquerschnittes F_1 zu dem Ringquerschnitte F von $\frac{F_1}{F} = \frac{1}{3}$ und bei einer radialen Kranzbreite $b = \frac{1}{7} r$ die maximale Faserspannung im inneren Umkreise des Ringes in der Ebene eines Armes zu

$$k = 0{,}1088 \, v^2,$$

wenn v die Umfangsgeschwindigkeit in Metern per Secunde und k die Spannung in Kilogrammen per Quadratcentimeter bedeutet. Vorstehend war ohne Berücksichtigung der Arme die Materialspannung zu $k = 734 \, v^2$ Kilogramm per Quadratmeter, also nur zu