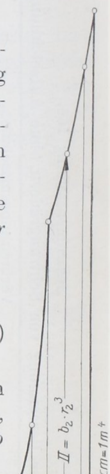
Zusammenstellung 166 (Fortsetzung).

	Einzylinderdampfmaschinen										
	ohne Kondensation				mit Kondensation						
$\frac{P_b}{P}$ ↓ Füllung →	$\frac{1}{6}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{10}$	$\frac{1}{8}$	$\frac{1}{6}$	$\frac{1}{5}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{2}$
0,05	9600	9000	8500	7800	10000	9700	8900	8500	8000	7500	—
0,1	8700	8300	8100	7500	9100	8800	8300	8100	7800	7400	—
0,2	7200	7200	7100	7000	7500	7400	7100	7200	7400	7000	6800
0,3	6100	6300	6500	6900	6400	6500	6400	6400	7000	6900	—
0,4	5500	6000	6300	—	5700	6000	6100	6100	6600	6900	—
0,5	5300	6000	6300	—	5300	5700	—	—	6200	6800	—
0,6	—	6200	—	—	5200	4800	—	—	—	6800	—
	Zwillingsdampfmaschinen										
							2900		2400	2000	1500
	Dreizylinderdampfmaschinen										
					1400						

C. Bestimmung des Trägheitsmomentes von Schwungscheiben und -rädern.



Auf Schwungscheiben ohne Arme, Abb. 2186, wie sie bei hohen Winkelgeschwindigkeiten z. B. an Ilgner-Umformern zweckmäßig und notwendig werden, muß man stets Formel (712) anwenden. Sofern nicht bekannte Ausführungen Anhaltpunkte geben, entwirft man die Scheibe zunächst gefühlsmäßig, rechnet das Trägheitsmoment und die Festigkeitsverhältnisse nach und trifft, wenn nötig, Abänderungen. J läßt sich dabei nach der Begriffsbestimmung des Trägheitsmomentes $J = \int dM \cdot r^2$ leicht wie folgt finden. Die Masse des Elementarringes in Abb. 2186 vom Querschnitt $dr \cdot b$ im Abstand r von der Drehachse ist $dM = \frac{b \cdot dr \cdot 2\pi \cdot r \cdot \gamma}{g}$ und somit:

$$J = \int \frac{2\pi \cdot \gamma \cdot b \cdot r^3 \cdot dr}{g} = \frac{2\pi \cdot \gamma}{g} \int b \cdot r^3 \cdot dr = C \int_{r_0}^{r_a} b \cdot r^3 \cdot dr\,. \qquad (726)$$

Trägt man nun senkrecht zu verschiedenen Halbmessern r die zugehörigen Produkte $b \cdot r^3$ auf, so stellt der Inhalt F der Fläche das Integral dar, das, mit C multipliziert, J liefert. Will man J in mkgsek² finden, so sind b und r in Meter einzusetzen und F in m⁵ zu ermitteln, während C für Gußeisen $\frac{2\pi \cdot 7250}{9{,}81} = 4640$, für Stahlguß $\frac{2\pi \cdot 7850}{9{,}81} = 5030 \, \frac{\text{kgsek}^2}{\text{m}^4}$ ist.

Zahlenbeispiel 1. An dem im Maßstabe 1 : 40 gezeichneten halben Schnitt einer Schwungscheibe aus Stahlguß, Abb. 2186, ergibt sich z. B.

im Abstande $r_1 = 0{,}875$ m: $b_1 = 0{,}190$ m; $b_1 \cdot r_1^3 = 0{,}190 \cdot 0{,}875^3 = 0{,}127$ m⁴ (Ordinate I),

im Abstande $r_2 = 2{,}0$ m: $b_2 = 0{,}84$ m; $b_2 \cdot r_2^3 = 0{,}84 \cdot 2^3 = 6{,}72$ m⁴ (Ordinate II).

Flächeninhalt $F = 8{,}027$ cm²;

$1 \text{ cm}^2 = 0{,}4 \cdot 1 = 0{,}4$ m⁵.

$J = C \cdot F = 5030 \cdot 8{,}027 \cdot 0{,}4 = 16150$ mkgsek².

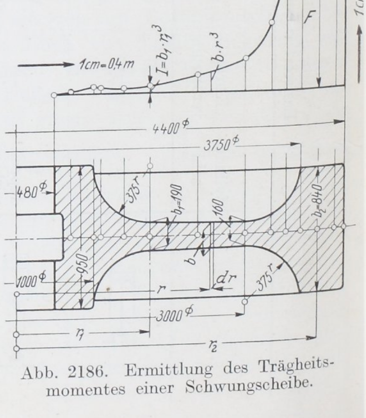


Abb. 2186. Ermittlung des Trägheitsmomentes einer Schwungscheibe.

An Hand der Kurve, Abb. 2186, ist es leicht, die Beträge, welche die einzelnen Teile der Scheibe zum Trägheitsmoment beisteuern, festzustellen. Den Hauptanteil liefert naturgemäß der Kranz von 840 mm Breite und 325 mm Stärke mit 11750 mkgsek² oder 77,8%.

Bei einer Umfanggeschwindigkeit $v_2 = 100$ m/sek oder $\omega_2 = \frac{v_2}{R_a} = \frac{100}{2,2} = 45,5$ m/sek Winkelgeschwindigkeit und $n_2 = 434$ Umläufen in der Minute besitzt die Scheibe eine Wucht:

$$A_2 = \frac{J \cdot \omega_2^2}{2} = \frac{16150 \cdot 45,5^2}{2} = 16718000 \text{ mkg.}$$

Sinkt ihre Winkelgeschwindigkeit während eines Arbeitsvorganges innerhalb 60 Sekunden auf $\omega_1 = \psi \cdot \omega_2 = 0,85\,\omega_2$, so hat sie $A_2 - A_1 = A_2\,(1 - \psi^2) = 16718000\,(1 - 0,85^2)$ $= 4639000$ mkg abgegeben oder im Durchschnitt $N = \frac{4639000}{60 \cdot 75} = 1030$ Pferdestärken geleistet.

An der Hauptförderanlage des Schachtes Rhein-Elbe I/II der Gelsenkirchener Bergwerksgesellschaft, die durch zwei Elektromotoren von je 1600 PS Leistung angetrieben wird, sind die zwei Gleichstromanlaßdynamos auf je 2600 KW Höchstleistung, die zwei dauernd laufenden, am Netz liegenden Drehstrommotoren auf je 1000 PS berechnet, während die zwei Schwungräder von je 50 t Gewicht bis 90 m/sek Umfanggeschwindigkeit haben [XXVIII, 6].

Das vorstehend beschriebene Verfahren zur Ermittlung des Trägheitsmoments läßt sich ohne Schwierigkeit auch auf Speichenschwungräder anwenden, wenn man dM allgemeiner als $f \cdot dr \cdot \frac{\gamma}{g}$ auffaßt, wobei f den Inhalt der Fläche bedeutet, in der das Rad durch einen Zylinder vom Halbmesser r geschnitten wird. Im Bereich der Nabe und des Kranzes ist also f durch $2\pi r \cdot b$, im Bereich der Arme durch die Summe der Armquerschnitte dargestellt. Zur Ermittlung des Trägheitsmomentes trägt man nach:

$$J = \int dM \cdot r^2 = \frac{\gamma}{g} \int f \cdot r^2 \cdot dr = C_1 \int f \cdot r^2 \cdot dr \tag{727}$$

das Produkt $f \cdot r^2$ über den zugehörigen Abständen r auf; C_1 ist für Gußeisen 739, für Stahlguß 800 $\frac{\text{kgsek}^2}{\text{m}^4}$. Den Anteil des Kranzes wird man zweckmäßigerweise häufig rechnerisch aus:

$$J_k = 2\pi R_s^3 \cdot F_k \cdot \frac{\gamma}{g} = C \cdot R_s^3 \cdot F_k \tag{728}$$

ermitteln.

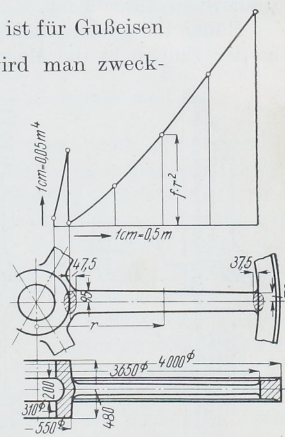


Abb. 2187. Ermittlung des Trägheitsmoments der Arme und der Nabe des Schwungrades Abb. 2212. Maßstab des Rades 1:50.

Zahlenbeispiel 2. Die Anwendung auf die Nabe und die Arme des Schwungrades Abb. 2212 zeigt Abb. 2187 unter Benutzung der folgenden Einzelwerte:

Halbmesser r cm	f cm²	$f \cdot r^2$ cm⁴
15,5	2725	656000
22	6640	3220000
27,5	8300	6280000
27,5	851	644000
66	764	3330000
105	682	7530000
144	604	12520000
182,5	530	17660000

Inhalt der Fläche Abb. 2187 $F = 5,10$ cm²; Maßstab: 1 cm² = 0,025 m⁴,

$$J' = C_1 \cdot F = 739 \cdot 5,10 \cdot 0,025 = 94 \text{ mkgsek}^2.$$

Trägheitsmoment des Kranzes: $J_k = C \cdot R_s^3 \cdot F_k = 4640 \cdot 1,913^3 \cdot 0,028 = 910$ mkgsek².
Gesamtträgheitsmoment: $J = 94 + 910 = 1004$ mkgsek².

Will man nach dem Verfahren das Schwungmoment GD^2 bestimmen, so braucht C nur durch $C' = 182\,200$ für Gußeisen, $197\,300$ für Stahlguß und C_1 durch $C_1' = 7250$ für Gußeisen, 7850 für Stahlguß ersetzt zu werden.

Für das vorstehend berechnete Rad ergibt sich nach (723):

$$GD^2 = 39{,}2\,J = 39\,380\ \text{kgm}^2.$$

D. Konstruktive Durchbildung der Schwungräder.

Der Werkstoff der Schwungräder, insbesondere des Kranzes, hängt in Rücksicht auf die Beanspruchung durch die Fliehkraft von der Kranzgeschwindigkeit ab. Bis zu 30 m/sek genügt Gußeisen, bei größeren Geschwindigkeiten müssen Gußeisensorten hoher Festigkeit, besondere Verstärkungsmittel, Stahlguß und Stahl verwandt werden, die naturgemäß die Schwungräder erheblich verteuern.

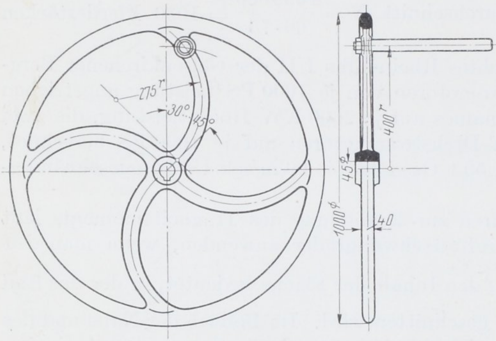


Abb. 2188. Schwungrad für von Hand betriebene Maschinen. M. 1:20.

Schwungräder für geringe Umfanggeschwindigkeiten erhalten Formen nach Abb. 2188 und 2189. Das erste, für von Hand betriebene Maschinen, z. B. Rübenschneider, Häckselmaschinen usw., bestimmt, hat elliptischen Kranzquerschnitt und gekrümmte Arme. Auf einem von ihnen sitzt ein Auge zur Befestigung des Handgriffes. Das zweite bezweckt an einer Drehbank mit Fußbetrieb, die Strecklagen der an der Kröpfung angreifenden Treibstange überwinden zu helfen; es ist gleichzeitig als Schnurscheibe mit mehreren Rillen zur Veränderung der Spindeldrehzahlen ausgebildet.

Räder für größere Laufgeschwindigkeiten können bis zu 4,4 m Durchmesser, sofern es der Einbau in die Maschine gestattet, aus einem Stück gegossen werden, größere müssen in Rücksicht auf den Versand auf der Bahn geteilt werden. Beträchtliche Schwierigkeiten bietet die Vermeidung von Gußspannungen; sie zu beschränken, muß in Rücksicht auf die Wirkungen, die das Auseinanderfliegen von Schwungrädern hat, sowohl der Konstrukteur, als auch der Former und Gießer mit allen Mitteln bestrebt sein. Die Ursache der Gußspannungen ist, wie auf S. 161 näher dargelegt wurde, in ungleichmäßiger Abkühlung der Teile der Räder, des oft schweren Kranzes und der Nabe gegenüber den dünneren Armen, zu suchen. ⊔- und T-förmige Kranzquerschnitte, Abb. 2201 und 2194 sind deshalb vorteilhafter als solche von rechteckiger Grundform.

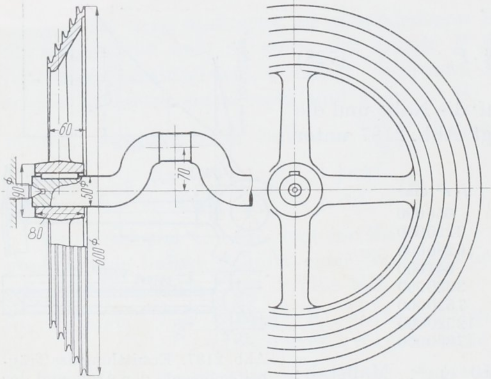


Abb. 2189. Schnurscheibenschwungrad. M. 1:10.

Größte Sorgfalt ist den Übergängen der einzelnen Teile ineinander zu schenken. Weiterhin lassen sich die Spannungen durch Sprengen der Nabe oder Teilen des Rades erheblich vermindern, Mittel, von denen fast stets an Rädern von drei Meter Durch-