Der Zahlenfaktor der rechten Seite, welcher in der Zusammenstellung mit $\varphi$ bezeichnet ist, wird in der Literatur fast allgemein $= 0{,}9$ angegeben, bei der gleichzeitigen Angabe, daß Arme und Nabe etwa $^1/_3$ des Kranzgewichts ausmachen, d. h. $G/G_1 = 1{,}333$. Mit Einführung von $\varphi$ wird allgemein

$$G_1 = \varphi \frac{2g}{v^2} E. \tag{15}$$

Die Zusammenstellung, welche sich auf die Nachrechnung einer größeren Anzahl von Rädern stützt, zeigt, daß der Anteil des Radsterns, $1 - \varphi$, an der Schwungwirkung relativ viel kleiner ist wie gewöhnlich angenommen wird und daß ein 10prozentiger Anteil erst erreicht wird bei einem $G/G_1$ von mehr wie 1,5.

**170.** Die Gleichung 15, in welcher v die Geschwindigkeit des Schwerpunktes des Kranzquerschnittes, E die für die besondere Maschinenart und die besonderen Betriebsbedingungen als erforderlich gefundene lebendige Kraft bedeutet, hat ganz allgemeine Geltung sowohl für Dampfmaschinen wie für Gasmaschinen, gleichviel, ob das erforderliche E mit Rücksicht auf Außenschwankungen oder durch Forderung eines bestimmten periodischen Gleichförmigkeitsgrades ermittelt ist. Auch für Werkzeugmaschinen (Walzenzugmaschinen, Lochwerke, Scheren usw.) hat sie Gültigkeit. Verschieden sind nur die Grundsätze und Verfahren zur Bestimmung von E und später die Berechnung der Arme. Deshalb sollte die Formel bei der allgemeinen Behandlung der Schwungräder nicht, wie es vielfach geschieht, unmittelbar mit der Gleichung für den Ungleichförmigkeitsgrad verbunden werden durch die Gleichung $\Delta A = M v^2 \delta$.

Auch die nunmehr zu besprechenden Grundsätze für die Wahl des Raddurchmessers oder der Radgeschwindigkeit haben allgemeinere Gültigkeit.

## Wahl des Raddurchmessers.

**171.** Für die Wahl des Raddurchmessers kommen die verschiedensten Rücksichten in Frage; zunächst ist der Durchmesser begrenzt durch die zulässig höchste Geschwindigkeit (man überschreitet bei Gußeisen nicht gern 35 m). Wenn auch das Rad um so leichter wird, je größer sein Durchmesser wird, so gibt es doch eine Grenze, bei welcher der Preis nicht mehr abnimmt, weil die Modellkosten für den großen Armstern zu groß werden, auch der an der Schwungwirkung nur wenig beteiligte Radstern relativ um so schwerer wird, je größer der Raddurchmesser gewählt wird (vgl. die Aufstellung S. 93).

Ferner kann bei einem im Vergleich zum Gewicht zu großen Durchmesser der Kranz die nötige Steifigkeit entbehren. Man überzeugt sich am besten davon, ob die gemachten Annahmen zweckmäßig sind, indem man das Kranzprofil in großen Zügen mit anschließenden Armen aufzeichnet.

Weiter kann für den Durchmesser die Forderung einer ganz bestimmten, durch äußere Verhältnisse bedingten Riemen- oder Seilgeschwindigkeit maßgebend sein.

Zoll- und Transportverhältnisse können ebenfalls von Einfluß sein. Bei hohen Zöllen auf die Gewichtseinheit (nach Rußland) kann man sich zu großen, leichten Rädern entschließen. Für Schwungräder sehr großer Maschinen kann andererseits die Rücksicht auf den Transport durch das Normalprofil der Eisenbahnen auf den Durchmesser beschränkend wirken.

Die vielfach zu findende Regel, daß man den Durchmesser gleich dem 10fachen des Kurbelradius macht, ist nicht allgemein verwertbar und führt oft zu unzweckmäßigen Maßverhältnissen.

**172.** Bei der Wahl des Raddurchmessers kann, wenn E und n festliegen, folgende vom Verfasser aufgestellte Formel in Verbindung mit der Tabelle auf S. 93 benutzt werden

$$D = 1{,}054 \sqrt[5]{\varphi\beta} \sqrt[5]{\frac{E}{n^2}} \quad \text{oder} \quad D = \varepsilon \sqrt[5]{\frac{E}{n^2}}, \qquad \textbf{(16)}$$

worin $\varepsilon$ für die in der Tabelle S. 93 enthaltenen Grenzen von $\beta$ roh gerundet zwischen den Grenzen 1,7 und 2,3 liegt. D ist der Durchmesser des Schwerpunktkreises des Kranzquerschnittes, d. h. $= 2$ S. Die Formel ergibt mit einem bestimmten $\varepsilon$ geometrisch ähnliche Räder für verschiedene Leistungen.

**173.** Wenn man hiermit D nach Wahl eines geeignet scheinenden $\varepsilon$ berechnet hat oder D mit Rücksicht auf die gewünschte Umfangsgeschwindigkeit gewählt hat, kann der Kranzquerschnitt ermittelt werden. Bezeichnet man denselben mit F, so ist nach der Guldinschen Regel

$$F \pi D = V_1 \quad \text{oder mit } \gamma \text{ multipliziert} \quad F \pi D \gamma = G_1;$$

$$F = \frac{G_1}{\pi D \gamma}; \qquad \textbf{(17)}$$

wenn F in Quadratmetern, D in Metern eingeführt wird, ist $\gamma$ in Kilogramm pro Kubikmeter zu setzen; wenn F in Quadratzentimetern, D in Metern eingeführt wird, was im allgemeinen bequemer ist, so ist $\gamma$ in Kilogramm pro 100 ccm zu setzen. Das spezifische Gewicht des Gußeisens ist je nach der Zusammensetzung verschieden und liegt zwischen 7,2 und 7,4, wenn das Eisen keine Hohlräume enthält. Da jedoch kompakte Gußstücke wie Schwungräder leicht kleine Hohlräume in Blasenform enthalten, rechne man etwa mit 7,0 (sonst wird bei Gußstücken meist mit 7,25 gerechnet). Mit den oben angenommenen Maßeinheiten ist $\gamma$ also $= 7000$ bzw. 0,70 zu setzen.

**174.** Bei reinen Masseschwungrädern ist wegen der Wahlunsicherheit von $\varepsilon$ die Querschnittsermittelung für einige Nachbarwerte des vorläufig gefundenen D erwünscht. Es gilt dabei zunächst nach Gleichung 15

$$G_1 v^2 = \varphi\, 2\, g\, E; \quad G_1 \left(\frac{\pi D n}{60}\right)^2 = \varphi\, 2\, g\, E;$$

$$G_1 D^2 = \frac{3600 \cdot 2\, g\, \varphi\, E}{\pi^2 n^2}, \text{ oder wegen } \pi^2 = \sim g$$

$$G_1 D^2 = 7200 \cdot \varphi \frac{E}{n^2} \tag{18}$$

Aufstellung einer Tabelle für $G_1$ bei Annahme verschiedener D, in welche auf Grund der in der Zusammenstellung S. 93 enthaltenen Werte von $G/G_1$ auch die schätzungsweisen Werte des Gesamtgewichtes G aufgenommen werden können.

## Fortsetzung der Schwungradberechnung.

**175.** Mit dem oben (Art. 160) gefundenen $E = 41\,700$ kgm ergibt sich nach Formel 18

$$G_1 D^2 = 7200\, \varphi \frac{41\,700}{130^2} = 7200\, \varphi\, 2{,}468.$$

Es muß nun D gewählt und $\varphi$ geschätzt werden. Wählt man $\varepsilon$ in der Formel 16 S. 95 zwischen den Grenzwerten 1,7 und 2,3 liegend $= 2{,}0$, so wird, da $\sqrt[5]{2{,}468} = 1{,}198$ ist, $D = 2 \cdot 1{,}198 = 2{,}396$ m.

Die Umfangsgeschwindigkeit des Schwerpunktkreises wird damit bei 130 Umdrehungen pro Minute $= \frac{1}{60} \cdot 130\, \pi\, 2{,}369 = 16{,}1$ m, das ist etwas wenig; D möge daher etwas größer $= 2{,}6$ m gewählt werden. Mit 2,6 m wird $\varepsilon = {}^{2,6}/_{1,198} = 2{,}17$, womit sich das Rad schon dem Typ der luftig gebauten Räder mit verhältnismäßig schwerem Radstern und leichtem Kranz nähert. Es werde demgemäß in Anlehnung an die Tabelle auf S. 93 geschätzt (zwischen Reihe 2 und 3)

$$\varphi = 0{,}925; \quad G = 1{,}4\, G_1;$$

damit wird $G_1 D^2 = 7200 \cdot 0{,}925 \cdot 2{,}468$ und mit $D = 2{,}6$

$$G_1 = 2432{,}5 \text{ kg}; \quad G = 1{,}4 \cdot 2432{,}5 = 3405{,}5 \text{ kg}.$$