

Leitschaufel (in A) mit der Richtung der Radumfangsgeschwindigkeit an der Eintrittsstelle in das Laufrad bildet.

β der Winkel, welchen die Richtung der relativen Geschwindigkeit des Wassers an der Eintrittsstelle in das Laufrad mit der Richtung der Radumfangsgeschwindigkeit, und

$(180 - \gamma)$ der Winkel, welchen die Tangente der Laufradschaufel an der Austrittsstelle aus dem Laufrade, mit der Richtung der Radumfangsgeschwindigkeit bildet.

e die Dicke der Leitschaufel, e_0 jene der Laufradschaufel an der Eintrittsstelle, und e_1 an der Ausflussstelle.

λ_0 und λ die Anzahl der Leit- und Laufradschaufeln.

t_0, t und t_1 die Teilung des Leitrades bzw. des Laufrades an der Einfluss- und an der Ausflussstelle.

L die sekundliche Arbeitsleistung der Turbine.

$\eta = \frac{L}{1000 Q_0 H_0}$ das Güteverhältnis des Apparates.

$g = 9,806$ m die Beschleunigung beim freien Falle.

z das Reaktionsgefälle oder die Druckhöhe der Spannung des Wassers nach dem Eintritte in das Laufrad.

2. Ausdruck für die Arbeitsleistung.

Bei der Ableitung des Ausdruckes für die Arbeitsleistung des Rades kann man zweierlei Wege einschlagen, den indirekten oder den direkten.

Der erstere ist der gebräuchliche, weil er kürzer und leichter ist, die direkte Ableitung ist überzeugender, aber langwierig und ziemlich schwierig. Wir wollen hier den ersten Weg befolgen.

Wenn man von allen Nebenwiderständen, Stößen und Verlusten absieht, also einen vollkommenen Apparat voraussetzt, besitzt das Wasservolumen Q zur Zeit seines Eintrittes in das Laufrad die Arbeitsfähigkeit $1000 Q H_0$ mkg und nimmt davon noch die lebendige Kraft $\frac{1000 Q}{g} \cdot \frac{v_1^2}{2}$ in den Abflussgraben, gibt somit an das Rad die Arbeitsmenge L ab:

$$L = \frac{1000 Q}{g} \left(\frac{2gH_0 - v_1^2}{2} \right).$$

Da das Wasser noch mit der, der Druckhöhe z entsprechenden Spannung in das Laufrad strömt, so ist für die absolute Geschwindigkeit

$$v^2 = 2g(H - z).$$

Aus dem Dreiecke ABC der Fig. 2 folgt die relative Geschwindigkeit

$$BC = AD = u^2 : u = v^2 + r^2 \omega^2 - 2vr\omega \cos \alpha.$$

Fällt dabei ihre Richtung mit der Tangente an die Leitradschaufel im Punkte A zusammen, so fließt das Wasser ohne Stoss in das Laufrad.

Wäre das Laufrad in Ruhe, so würde die lebendige Kraft der Masseneinheit des Wassers im Laufrade bis zu seinem Austritte aus demselben um $g(z + h)$ zunehmen, weil g das Gewicht der Masseneinheit ist, und sie die Arbeitsmenge $g(z + h)$ aufnimmt. Wegen der Drehung des Rades kommt hierzu auch noch die Arbeit der Fliehkraft. Wenn x die Entfernung der Masseneinheit des Wassers von der Achse bedeutet, dann ist die Fliehkraft $x\omega^2$. Die elementare Zunahme der Entfernung ist dx , somit das Element der Arbeit $x\omega^2 dx$ und die ganze Arbeit

$$\int_r^{r_1} x \omega^2 dx = \frac{r_1^2 \omega^2 - r^2 \omega^2}{2}.$$

Demzufolge ist die lebendige Kraft der relativen Bewegung der Masseneinheit beim Austritte des Wassers aus dem Laufrade

$$\frac{u_1^2}{2} = \frac{u^2}{2} + g(z + h) + \frac{r_1^2 \omega^2 - r^2 \omega^2}{2},$$

d. h. für die relative Ausflussgeschwindigkeit ist:

$$u_1^2 = u^2 + 2g(z + h) + r_1^2 \omega^2 - r^2 \omega^2.$$

Aus dem Dreiecke EHG (Fig. 2) folgt

$$v_1^2 = u_1^2 + r_1^2 \omega^2 - 2u_1 r_1 \omega \cos \gamma.$$

Bildet man die Summe

$$\begin{aligned} &v^2 + u^2 + u_1^2 + v_1^2 \\ &= 2g(H - z) + v^2 + r^2 \omega^2 - 2vr\omega \cos \alpha + u^2 \\ &+ 2g(z + h) + r_1^2 \omega^2 - r^2 \omega^2 + u_1^2 + r_1^2 \omega^2 - 2u_1 r_1 \omega \cos \gamma, \end{aligned}$$

so folgt

$$\frac{2g(H + h) - v_1^2}{2} = vr\omega \cos \alpha + u_1 r_1 \omega \cos \gamma - r_1^2 \omega^2.$$

Da wir vom Freihängen absahen, d. h. $h_1 = 0$ voraussetzen, ist $H + h = H_0$ das ganze Gefälle;

$$\left(\frac{2gH_0 - v_1^2}{2} \right) \frac{Q 1000}{g}$$

ist aber, wie wir gesehen, die Arbeitsleistung des Rades, welche daher auch geschrieben werden kann:

$$L = \frac{1000 Q}{g} [vr\omega \cos \alpha + u_1 r_1 \omega \cos \gamma - r_1^2 \omega^2] \quad 1)$$

Genau denselben Ausdruck erhält man auf direktem Wege, wobei man aber von den Nebenhindernissen nicht abzusehen braucht. Die Aufgabe kann so gestellt werden: die Masseneinheit (z. B. eine Kugel) ist gezwungen, auf einer starren Linie (die Kugel ist z. B. durchbohrt und steckt auf einem Draht) von der Form des Laufradschaufelschnittes herabzugleiten, während die Bahn mit der Achse fest verbunden ist und sich um dieselbe gleichförmig dreht.

Die Reibung und Nebenwiderstände wirken längs der festen Kurve, ebenso das Reaktionsgefälle. Welche Arbeit muss dem sich drehenden System entzogen werden, damit die Drehung gleichförmig bleibe?

Da, wie gesagt, das Resultat mit der Gl. 1) identisch ist, wenn man mit $\frac{1000 Q}{g}$ multipliziert, so folgt, dass die Gl. 1) auch für die gewöhnliche Turbine geltet, nur hat man die Geschwindigkeiten v und u_1 dieser entsprechend zu bestimmen.

Sämtliche bisher aufgestellten Turbinentheorien setzen stillschweigend voraus, dass die Gl. 1) auch für unvollkommene Apparate geltet und setzen demgemäss

$$1000 Q \varepsilon H_0 = \frac{1000 Q}{g} [vr\omega \cos \alpha + u_1 r_1 \omega \cos \gamma - r_1^2 \omega^2],$$

wobei nun ε das Güteverhältnis der Turbine bedeutet. Dieser Schritt, welcher zu dem Zwecke geschieht, um die Winkelgeschwindigkeit zu berechnen, ist zwar nicht unrichtig, aber er beraubt uns der Möglichkeit, den Nutzeffizienten aus den Konstruktionselementen (Schaufelwinkeln) direkt abzuleiten. Weil dieser Schritt auch überflüssig ist, vermeide ich ihn, und darin liegt der wesentliche Unterschied zwischen meiner und den sonstigen Theorien.

3. Ausdrücke für die wirklichen Turbinen.

Bei jeder wirklichen Turbine treten Stöße und Reibungshindernisse auf, welche sowohl die Geschwindigkeiten, als auch die Arbeitsleistungen herabsetzen. Zunächst strömt das Wasser aus dem Leitrade nur mit der Geschwindigkeit

$$v_0 = \sqrt{2g\zeta_0(H - z)} \quad \dots \quad 2)$$

wenn $\zeta_0 < 1$ den sogen. Geschwindigkeitskoeffizienten bedeutet.

Beim Ueberfließen des Wassers aus dem Leitrade in das Laufrad geht ein Teil der lebendigen Kraft abermals verloren, weshalb, wenn $\zeta < \zeta_0$ ist, die Eintrittsgeschwindigkeit

$$v = \sqrt{2g\zeta(H - z)} \quad \dots \quad 3)$$

ist.

Die relative Eintrittsgeschwindigkeit bleibt wie früher

$$u^2 = v^2 + r^2 \omega^2 - 2vr\omega \cos \alpha,$$

oder mit Rücksicht auf den Wert von v

$$u^2 = 2g\zeta(H - z) + r^2 \omega^2 - 2vr\omega \cos \alpha.$$

Würde die Reibung und Adhäsion im Laufrade keinen Effektverlust verursachen, so würde für die relative Ausflussgeschwindigkeit sein:

$$u_1^2 = u^2 + 2g(\zeta_1 z + h) + r_1^2 \omega^2 - r^2 \omega^2,$$

worin $(1 - \zeta_1)$ der Verlustkoeffizient für das Reaktionsgefälle. Im allgemeinen scheint $\zeta_1 < \zeta$ zu sein, auch dann, wenn eine Reaktionsturbine mit voller Beaufschlagung arbeitet, und nimmt ζ_1 um so mehr ab, je unvollkommener die Beaufschlagung, je kleiner also die wirkliche Wassermenge ist im Vergleich zur normalen.

Weil aber auch im Laufrade Bewegungshindernisse auftreten, ist für u_1 nur

$$u_1^2 = \sigma [u^2 + 2g(\zeta_1 z + h) + r_1^2 \omega^2 - r^2 \omega^2],$$

worin $\sigma < 1$ der Durchflusskoeffizient für das Laufrad ist.

Setzt man statt u^2 den obigen Wert, dann kommt

$$u_1 = \sqrt{\sigma \{ 2g[\zeta H - (\zeta - \zeta_1)z + h] + r_1^2 \omega^2 - 2vr\omega \cos \alpha \}}.$$