Berechnung der Turbinen mit verticaler und horizontaler Achse.

Von Maschinen-Ingenieur *Geo. F. Ramel* in Zürich.

II. Theil.

Turbinen mit horizontaler Achse.

In Folge der Verschiedenheit der Radien am Eintritt und Austritt des Wassers beim Laufrade und der daraus bedingten Verschiedenheit der Umfangsgeschwindigkeiten ist die günstigste Umfangsgeschwindigkeit beim Uebergang vom Leitapparat in das Laufrad nicht mehr genau durch das v des „von Reiche“'schen Gesetzes gegeben. Es verlangt die genauere Berechnung die Aufstellung eines allgemeineren Gesetzes, in welchem der Einfluss der verschiedenen Umfangsgeschwindigkeiten auftritt, welche Aufgabe hier in Kurzem gelöst werden soll.

Allgemeines Gesetz. Soll beim Austritt aus dem Laufrade, d. h. nach Verlassen einer Schaufel (siehe Fig. 2) dem Wasser seine absolute Geschwindigkeit genommen werden, so wird, wenn D_1 den innern, D_2 den äussern Durchmesser des Laufrades bezeichnet, statt wie wir beim von Reiche'schen Gesetz fanden $\sqrt{s} = v$, hier

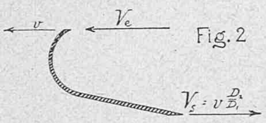

Fig. 2

$$\sqrt{s} = v\,\frac{D_2}{D_1}$$

d. h. grösser als v sein müssen, woraus dann folgt

$$\sqrt{e} = \sqrt{s} + v = \frac{D_2}{D_1}\,v + v$$

$$v = \frac{\sqrt{e}}{1 + \frac{D_2}{D_1}}$$

Wie früher setzen wir die Arbeit $P\,v$ gleich der wirklich zur Geltung kommenden Arbeit des Wassers $\frac{Q\,\sqrt{e^2}}{2\,g}$ und $Y \,.\, Q \,.\, H$, was uns mit der Substitution obigen Werthes für v durch eine analoge Rechnung wie früher zu der allgemeinen Relation führt, wobei $\sqrt{e} = c_1 \cos\alpha_1$

$$v\;c_1\;\cos\alpha_1 = \left(\frac{2\,D_1}{D_1 + D_2}\right) Y \,.\, g \,.\, H.$$

Dieses Gesetz, welches sich durch den eingeklammerten Factor vom von Reiche'schen unterscheidet, ist für den Fall aufgestellt, wo das Laufrad von *Innen* beaufschlagt wird. Es würde für den Fall, wo die Beaufschlagung von Aussen erfolgt (Amerikanische Francis-Turbinen), dasselbe sein, nur wären die Rollen von D_1 und D_2 zu vertauschen.

Hieraus ergibt sich nun ein anderer Werth für k_v

$$k_v = \frac{Y}{2\,k_1\,\cos\alpha_1}\left(\frac{2\,D_1}{D_1 + D_2}\right)$$

ein Werth, der sich nur durch den schon erwähnten Factor von dem früheren Werthe von k_v unterscheidet.

Um den Einfluss dieses Factors auf k_v festzustellen, muss das Verhältniss von D_2 zu D_1 festgestellt sein. Wir entnehmen der Praxis folgende Ausführungen:

Für $D_1 = 1\ m$ soll $D_2 - D_1 = 0{,}200$ ungefähr sein.
„ $D_1 = 2$ „ „ „ „ $= 0{,}300$ „ „
„ $D_1 = 3$ „ „ „ „ $= 0{,}400$ „ „

Dieses ergibt eine einfache lineare Gleichung

$$D_1 = 1{,}1\ D_1 + 0{,}1 \quad \ldots\ldots \quad (1)$$

Nennen wir nun $\frac{D_2}{D_1} = \gamma$, wobei $\gamma > 1$, so folgt aus derselben

$$\gamma = \frac{D_2}{D_1} = \frac{1{,}1\ D_1 + 0{,}1}{D_1} \quad \ldots\ldots \quad (2)$$

$$\frac{2\,D_1}{D_1 + D_2} = \frac{2}{1 + \gamma} = \frac{2\,D_1}{2{,}1\ D_1 + 0{,}1} \quad \ldots \quad (3)$$

Indem wir beispielsweise diese Werthe ausrechnen, da sie sich den meisten Ausführungen der Praxis annähern, so gibt $\frac{2}{1+\gamma}$ den Correctionscoefficienten für das k_v bei verticaler Achse. Dieses ergibt von $D_1 = 0{,}8\ m$ bis $6{,}0\ m$ folgende Vergleichstabelle.

$D_1 =$	0,800	1,000	1,200	1,400	1,600	1.800	2,000	2,500	3,000	4,000	6,000
$D_2 =$	0,980	1,200	1,420	1,640	1,860	2.080	2,300	2,850	3,400	4.500	6,700
$\frac{2}{1+\gamma} =$	0,900	0,909	0,916	0,921	0,925	0,928	0,930	0,934	0,938	0,940	0,945

Naturgemäss wird mit wachsendem D_1 der Factor $\frac{2}{1+\gamma}$ immer grösser, d. h. näher von 1 werden, jedoch ist der Einfluss auf die günstigste Umfangsgeschwindigkeit auch

Tabelle II.

Für die Coefficienten k_v und k_2 zur Berechnung der Turbinen-Systeme Girard mit horizontaler Welle.

		$\frac{D_2}{D_1}$	$\frac{2\,D_1}{D_1+D_2}$	$\alpha_1 = 18^0$					$\alpha_1 = 22^0$				
D_1	D_2	γ	λ	$k_v^* \lambda$ / k_v	$\sqrt{k_v + 0{,}9} - Y\,2$ / $k = k_2$	$\frac{k_v}{k_2}\,\gamma$ / $\cos\alpha_2$	α_2	$\sin^2\alpha_2\,k_2^2$ / k_3^2	k_v	$k = k_2$	$\cos\alpha_2$	α_2	k_3^2
				$k_v^* = 0{,}471$					$k_v^* = 0{,}482$				
0,800	0,980	1,225	0,900	0,424	0,561	0,926	$22^0\ 10'$	0,0373	0,434	0,569	0,934	$21^0\ 0'$	0,0416
1,000	1,200	1,200	0,909	0,428	0,557	0,921	$23^0\ 0'$	0,0471	0,438	0,565	0,930	$21^0\ 30'$	0,0428
1,200	1,420	1,183	0,916	0,433	0,556	0,920	$23^0\ 5'$	0,0475	0,442	0,563	0,929	$21^0\ 40'$	0,0433
1,400	1,640	1,171	0,921	0,434	0,553	0,919	$23^0\ 10'$	0,0471	0,444	0,561	0,926	$22^0\ 10'$	0,0445
1,600	1,860	1,163	0,925	0,435	0,550	0,920	$23^0\ 5'$	0,0462	0,446	0,559	0,928	$21^0\ 50'$	0,0433
1,800	2,080	1,156	0,928	0,437	0,550	0,919	$23^0\ 10'$	0,0467	0,447	0,558	0,926	$22^0\ 10'$	0,0441
2,000	2,300	1,150	0,930	0,438	0,549	0,917	$23^0\ 30'$	0,0480	0,448	0,557	0,926	$22^0\ 10'$	0,0441
2,500	2,850	1,140	0,934	0,440	0,547	0,919	$23^0\ 10'$	0,0462	0,450	0,556	0,922	$22^0\ 50'$	0,0466
3,000	3,400	1,133	0,938	0.442	0.546	0,917	$23^0\ 30'$	0,0475	0,452	0,554	0,923	$22^0\ 40'$	0,0454
4,000	4,500	1,125	0,940	0,443	0,545	0,914	$24^0\ 0'$	0,0490	0,453	0.553	0,921	$23^0\ 0'$	0,0466
6,000	6,700	1,117	0,945	0,445	0,543	0,914	$24^0\ 0'$	0,0488	0,455	0,551	0,922	$22^0\ 50'$	0,0458