Resultate für den Maschinenbau

[Hauptband]

Redtenbacher, Ferdinand

Mannheim, 1848

Siebenter Abschnitt. Turbinen

urn:nbn:de:bsz:31-282867

Siebenter Abschnitt.

Turbinen.

Die Turbine von Jonval

mit zwei übereinander liegenden Rädern.

Tafel XVII.

202.

Allgemeine Regeln zur Berechnung der Hauptabmessungen.

Fig. 153. B. Abwickelung des Schnittes am inneren Umfang des Rades. Diese wird erhalten, wenn man das Leitrad und das Turbinenrad mit einem Cylinder scheidet, dessen Halbmesser mit dem inneren Halbmesser der beiden Räder übereinstimmt, und sodann den Schnitt in eine Ebene ausbreitet.

Fig. 153. A. Abwickelung des mittleren Schnittes; diese wird erhalten, wenn man das Leitrad und das Turbinenrad mit einem Cylinder schneidet, dessen Halbmesser R gleich ist dem arithmetischen Mittel $R = \frac{R_1 + R_2}{2}$ aus dem äusseren und inneren Halbmesser des Turbinenrades und sodann den Schnitt in eine Ebene ausbreitet.

Fig. 154. Durchschnitt des Leitrades und des Turbinenrades mit einer durch die Axe derselben gelegten Ebene.

Für die Berechnungen der Hauptdimensionen dienen folgende Bezeichnungen:

H das Gefäll, gemessen vom Spiegel des Unterwassers bis zum Spiegel des Oberwassers;

Q die Wassermenge in Kubikmet., welche in jeder Sekunde auf das Rad wirkt;

α Fig. 153 A. der mittlere Winkel, welchen die Leitschaufeln mit der unteren Ebene des Leitrades bilden;

β der mittlere Winkel, unter welchem die Radschaufeln an der oberen Ebene des Turbinenrades beginnen;

k der Contractions-Coefficient für den Austritt des Wassers aus den Kanälen des Leitrades;

k_1 der Contractions-Coefficient für den Austritt des Wassers aus den Kanälen des Turbinenrades;

U Geschwindigkeit, mit welcher das Wasser aus den Kanälen des Leitrades austritt;

$$\left.\begin{array}{l} R_2 \text{ der innere} \ldots\ldots \\ R_1 \text{ der äussere} \ldots\ldots \\ R = \frac{1}{2}(R_2 + R_1) \text{ der mittlere} . \end{array}\right\} \text{Halbmesser des Rades. Fig. 154;}$$

i i_1 die Anzahl der Leitschaufeln und die Anzahl der Radschaufeln;

ε ε_1 Metalldicke der Leitschaufeln und der Radschaufeln;

s s_1 Fig. 153 A mittlere normale Weite der Mündungen der Leitkanäle und der Radkanäle;

v vortheilhafteste Geschwindigkeit eines Punktes am Umfange des Kreises vom Halbmesser R;

n vortheilhafteste Anzahl der Umdrehungen des Turbinenrades per 1 Minute;

N_n Nutzeffect in Pferdekräften à 75 Kilgm., welchen die Turbine entwickeln soll.

Zur Berechnung aller Hauptdimensionen dienen nun folgende Regeln.

a) Wassermenge, welche in jeder Sekunde auf das Rad wirken soll:

$$Q = 0{\cdot}125 \frac{N_n}{H} \text{ Kubikm.}$$

b) Die Winkel α und β können innerhalb gewisser Grenzen willkürlich genommen werden; in den meisten Fällen darf man nehmen:

$$\alpha = 24^0$$

$$\beta = 66^0.$$

c) Das untere Ende der Leitschaufeln soll zur Vermeidung von schädlichen Räumen geradlinig gemacht werden, und dann ist zu setzen:

$$k = 1.$$

d) Aus dem Rade darf das Wasser mit schwacher Convergenz austreten, so dass man nehmen darf:

$$k_1 = 0{\cdot}9.$$

e) Geschwindigkeit, mit welcher das Wasser aus den Kanälen des Leitrades austritt:

$$U = \sqrt{g\,H\,\frac{\sin.\,\beta}{\cos.\,\alpha\,\sin.\,(\alpha + \beta)}}.$$

f) Verhältnisse zwischen den Halbmessern $\mathbf{R}\ \mathbf{R}_1\ \mathbf{R}_2$. In der Regel darf man nehmen:

$$\mathbf{R}_2 = \frac{2}{3}\,\mathbf{R}_1,\quad \mathbf{R} = \frac{5}{6}\,\mathbf{R}_1.$$

g) Anzahl der Leitschaufeln. In der Regel ist zu nehmen:

$$i = 16.$$

h) Anzahl der Radschaufeln. In der Regel ist zu nehmen:

$$i_1 = 24.$$

i) Metalldicke der Leitschaufeln und der Radschaufeln. Man darf nehmen:

$$\varepsilon = \varepsilon_1 = \frac{1}{40}\,\mathbf{R} = 0{\cdot}025\,\mathbf{R}.$$

Die Schaufeln sind von Blech zu machen, wenn **R** kleiner als $0{\cdot}4^m$ und von Gusseisen, wenn **R** grösser als $0{\cdot}4^m$.

k) Der äussere Halbmesser des Rades:

$$\mathbf{R}_1 = \sqrt{\frac{Q}{U\,k\left[1 - \left(\frac{\mathbf{R}_2}{\mathbf{R}_1}\right)^2\right]\pi\,\sin.\,\alpha\left[1 - \frac{i}{2\,\pi\,\sin.\,\alpha}\,\frac{\varepsilon}{\mathbf{R}} - \frac{i_1}{2\,\pi\,\sin.\,\beta}\,\frac{\varepsilon_1}{\mathbf{R}}\right]}}$$

l) Wahre untere Weite der Leitkanäle, in der Abwicklung des mittleren Schnittes gemessen. Fig. 153 A.

$$s = \mathbf{R}\left\{\frac{2\,\pi\,\sin.\,\alpha}{i} - \frac{\varepsilon}{\mathbf{R}}\right\}.$$

m) Wahre untere Weite der Radkanäle, in der Abwicklung des mittleren Schnittes gemessen:

$$s_1 = R\left[\frac{2\pi \sin.\alpha}{i_1} - \left(\frac{i}{i_1}\frac{\varepsilon}{R} + \frac{\varepsilon_1}{R}\frac{\sin.\alpha}{\sin.\beta}\right)\right]\frac{k}{k_1}\frac{\sin.\beta}{\sin.(\alpha+\beta)}.$$

n) Vortheilhafteste Geschwindigkeit eines Punktes am Umfange des Kreises vom Halbmesser R:

$$v = 0{\cdot}774\sqrt{g\,H\frac{\sin.(\alpha+\beta)}{\sin.\beta\cos.\alpha}}.$$

o) Vortheilhafteste Anzahl der Umdrehungen des Turbinenrades per 1 Minute:

$$n = 9{\cdot}548\,.\,\frac{v}{R}.$$

p) Höhe des Turbinenrades . . . . $= \frac{3}{7}R.$

q) Höhe des Leitrades . . . . $= \frac{4}{7}R.$

r) Abstand der unteren Ebene des Leitrades von der oberen Ebene des Turbinenrades . . . . . . $= \frac{R}{40}.$

s) Halbmesser des Mantels, welcher das Turbinenrad umgibt . . . . $= R_1 + \frac{R}{40}.$

t) Höhe der Ausflussöffnung aus dem Cylinder-Mantel:

1. wenn die Ausströmung ringsum statt findet . $= \frac{1}{2}R_1,$
2. wenn die Ausströmung einseitig und auf eine Breite $2\,R_1$ statt findet . . . . $= \frac{\pi}{2}R_1.$

u) Breite des Abflusskanales, da wo die Turbine aufgestellt ist . . . . $= 4\,R_1.$

203.

Vereinfachung der Regeln zur Berechnung der Abmessungen.

In den meisten Fällen darf man für die innerhalb gewisser Grenzen willkürlichen Grössen α β k k_1 $\frac{R_2}{R_1}$ $\frac{\varepsilon}{R}$ $\frac{\varepsilon_1}{R}$ i i_1 diejenigen Werthe annehmen, welche in vorhergehender Nummer angegeben wurden, und dann erhält man zur Berechnung aller Hauptabmessungen folgende einfache Formeln:

Wassermenge, welche per 1'' auf das Rad wirken muss $Q = 0{\cdot}125 \frac{N_n}{H}$

Mittlerer Winkel, welchen die Leitschaufeln mit der unteren Ebene des Rades bilden . . . $\alpha = 24^\circ$

Mittlerer Winkel, unter welchem die Radschaufeln an der oberen Ebene des Rades beginnen . . . . $\beta = 66^\circ$

Contractions-Coefficient für den Austritt des Wassers aus den Kanälen des Leitrades . . $k = 1$

Contractions-Coefficient für den Austritt des Wassers aus den Kanälen des Turbinenrades $k_1 = 0{\cdot}9$

Geschwindigkeit, mit welcher das Wasser aus den Kanälen des Leitrades austritt . . . . $U = 0{\cdot}707 \sqrt{2\,g\,H}$

Verhältnisse zwischen den Halbmessern $R\,R_1\,R_2$ $\begin{cases} \frac{R_2}{R} = \frac{2}{3} \\ \frac{R}{R_1} = \frac{5}{6} \end{cases}$

Anzahl der Leitschaufeln . . . . $i = 16$

Anzahl der Radschaufeln . . . . $i_1 = 24$

Metalldicke der Leit- und Radschaufeln . $\varepsilon = \varepsilon_1 = \frac{R}{40}$

Der äussere Halbmesser des Turbinenrades . . $R_1 = 1{\cdot}380 \sqrt{\frac{Q}{U}}$

Innerer Halbmesser des Rades . . . . $R_2 = \frac{2}{3} R_1$

Mittlerer Halbmesser des Rades . . . . $R = \frac{5}{6} R_1$

Weite der Kanäle des Leitrades . . . . . $s = 0{\cdot}1372\ R$

Weite der Kanäle des Turbinenrades . . . . $s_1 = 0{\cdot}0811\ R$

Vortheilhafteste Geschwindigkeit eines Punktes am Umfange des Kreises vom Halbmesser R $v = 0{\cdot}600 \sqrt{2\,g\,H}$

Vortheilhafteste Anzahl der Umdrehungen des Turbinenrades per 1 Minute . . . . . . $n = 9{\cdot}548 \frac{v}{R}$

Höhe des Turbinenrades . . . . $= \frac{3}{7} R$

Höhe des Leitrades . . . . $= \frac{4}{7} R$

Abstand der unteren Ebene des Leitrades von der oberen Ebene des Turbinenrades . . .	$= \frac{R}{40}$
Halbmesser des Mantels, welcher das Turbinenrad umgibt	$= 1.225\ R$
Höhe der Ausflussöffnung aus dem Cylinder-Mantel:	
1) wenn die Ausströmung ringsum stattfindet	$= \frac{1}{2}\ R_1$
2) wenn die Ausströmung einseitig und auf eine Breite $2\ R_1$ statt findet	$= \frac{\pi}{2}\ R_1$
Breite des Abflusskanales, da wo die Turbine aufgestellt ist	$= 4\ R_1$

204.

Verzeichnung der Schnitte. Fig. 153 und 154.

Für die Anfertigung der Räder ist es nothwendig, dass diese Schnitte im natürlichen Maasstab verzeichnet werden; die folgenden Bemerkungen werden hiezu behilflich sein.

Die Verzeichnung des Schnittes Fig. 154 bedarf keiner Erklärung, denn es ist hiebei nur nothwendig die berechneten Dimensionen, welche in diesem Schnitt erscheinen, aufzutragen.

Für die Verzeichnung des Schnittes Fig. 153 A ist zu berücksichtigen: $\overline{cc} = \frac{2\ R\ \pi}{i}$, $\overline{ff} = \frac{2\ R\ \pi}{i_1}$, $\overline{ba} = 0{\cdot}80\ R$; $\overline{fg} = 0{\cdot}55\ R$, co geradlinig, oa krummlinig tangirend an oc, fh stetig krummlinig.

Die Verzeichnung des Schnittes Fig. 153 B, geschieht wie folgt: Man berechne $\overline{c\,c_1} = \overline{a\,a_1} = \frac{2\ R_2\ \pi}{i}$, $\overline{f_1\,f_1} = \overline{h_1\,h_1} = \frac{2\ R_2\ \pi}{i_1}$ $\overline{a_1\,b_1} = \overline{a\,b}\,\frac{R_2}{R}$. $\overline{f_1\,g_1} = \overline{f\,g} \cdot \frac{R_2}{R}$. Theile ab $a_1 b_1$ gf $g_1 f_1$ in 4 gleiche Theile, ziehe durch die Theilungspunkte Verticallinien, sodann durch die Punkte m n o p i k l q Horizontallinien, so scheiden diese in m_1 n_1 o_1 p_1 i_1 k_1 l_1 q_1 ein, und man hat hiedurch einzelne Punkte der Linien $a_1\,c_1$ und $f_1\,h_1$.

205.

Formeln zur Berechnung des Nutzeffectes von Jonval'schen Turbinen.

Um den Nutzeffect einer *Jonval'schen* Turbine, deren Abmessungen gegeben sind, zu berechnen, sind nebst den in Nr. 202 zusammengestellten Bezeichnungen noch folgende nothwendig:

O Querschnitt des Rohres, durch welches das Wasser von dem Turbinenrad niederströmt;

ω Querschnitt der unteren Ausflussöffnung am Mantel;

γ der Winkel den die Richtung, nach welcher das Wasser aus dem Rad tritt, mit der unteren Ebene desselben bildet;

$\varkappa$ Contractions-Coefficient für den Austritt des Wassers aus ω;

$\mathfrak{P}$ Druck des Wassers auf jeden Quadratmeter der Fläche $(R_1^2 - R_2^2)\,\pi$;

$x = \frac{v^2}{2\,g\,H}$.

Man berechne zuerst folgende Ausdrücke:

$$\Omega = \left[2\,R\,\pi \sin.\alpha - i\,\varepsilon - i_1\,\varepsilon_1\,\frac{\sin.\alpha}{\sin.\beta}\right](R_1 - R_2)$$

$$\Omega_2 = [2\,R\,\pi \sin.\beta - i_1\,\varepsilon_1]\,(R_1 - R_2)$$

$$\Omega_1 = i_1\,s_1\,(R_1 - R_2)$$

$$m = \frac{\Omega_1\,k_1}{\Omega\,k}\cos.\alpha + \frac{\Omega_1\,k_1}{\Omega_2}\cos.\beta$$

$$n = \frac{\Omega_1\,k_1}{\Omega\,k}\sin.\alpha - \frac{\Omega_1\,k_1}{\Omega_2}\sin.\beta$$

$$M^2 = 1 + m^2 + n^2 + \left(\frac{\Omega_1\,k_1}{\omega\,\varkappa}\right)^2 + \left(\frac{\Omega_1\,k_1}{O}\right)^2 - 2\sin.\gamma\,\frac{\Omega_1\,k_1}{O}$$

$$A = 1 - \frac{\left(\frac{\Omega_1\,k_1}{\Omega\,k}\cos.\alpha + \cos.\gamma\right)\frac{\Omega_1\,k_1}{\Omega_2}\cos.\beta}{M^2}$$

$$B = \frac{\frac{\Omega_1\,k_1}{\Omega\,k}\cos.\alpha + \cos.\gamma}{M}$$

$$C = \frac{\left(\frac{\Omega_1 k_1}{\Omega_2}\right)^2 \cos.^2\beta}{M^2}$$

$$D = \frac{\left(\frac{\Omega_1 k_1}{\Omega_2}\right) \cos.^2\beta}{M^2}$$

und dann findet man für jede Geschwindigkeit des Rades:

a) Das Verhältniss zwischen dem in Kilgm. ausgedrückten Nutzeffect E und dem absoluten Effect 1000 Q H der Wasserkraft für irgend einen Werth von x.

$$\frac{E}{1000\ Q\ H} = -2\ A\ x + 2\ B \sqrt{x + C\ x^2}$$

b) Das Verhältniss zwischen der Ausflussgeschwindigkeit U und der Geschwindigkeit $\sqrt{2\ g\ H}$, welche dem Gefälle entspricht:

$$\frac{U}{\sqrt{2\ g\ H}} = \frac{\Omega_1 k_1}{\Omega\ k}\left(D\sqrt{x} + \frac{\sqrt{1 + C\ x}}{M}\right)$$

c) Den Druck, welchen das Wasser auf jeden Quadratmeter der Fläche $(R_1^2 - R_2^2)\ \pi$ nach verticaler Richtung abwärts ausübt:

$$\mathfrak{P} = \frac{1000\ Q^2}{g}\left\{\frac{\sin.\beta}{\Omega_2} - \frac{\sin.\gamma}{\Omega_1}\right\}$$

Man findet ferner die vortheilhafteste Geschwindigkeit des Rades und den vortheilhaftesten Effect durch folgende Ausdrücke:

$$(x)_{\text{max. r.}} = \frac{1}{2\ C}\left\{-1 + \frac{1}{\sqrt{1 - C\left(\frac{B}{A}\right)^2}}\right\}$$

$$\left(\frac{E}{1000\ Q\ H}\right)_{\text{max. r.}} = \frac{A}{C}\left\{1 - \sqrt{1 - C\left(\frac{B}{A}\right)^2}\right\}.$$

206.

Anordnung und Aufstellung der Jonval'schen Turbine.

Die zweckmässigste Anordnung und Aufstellung der Maschine richtet sich theils nach der Grösse des Gefälles, theils nach Lokalverhältnissen.

Direkte Aufstellung. Wenn das Gefäll nicht mehr als ungefähr 6^m beträgt, und grösstentheils durch den Untergraben gewonnen wird, fällt die Anordnung in der Regel am zweckmässigsten aus, wenn das Wasser in einem offenen Kanal zugeleitet und wenn das Rad in eine Tiefe von ungefähr $1 \cdot 5^m$ bis 2^m unter den Spiegel des Oberwassers gelegt wird.

Umgekehrte Aufstellung. Wenn das Gefälle mehr als 6^m beträgt und grösstentheils durch den Obergraben erhalten wird, fällt die Anwendung meistens am zweckmässigsten aus, wenn man das Wasser durch eine Röhre bis unter den Spiegel des Unterwassers herableitet, die Röhre daselbst nach aufwärts biegt, und in das Ende derselben das Leitrad und Turbinenrad so einsetzt, dass letzteres über dem ersteren zu stehen kommt. Die obere Ebene des Turbinenrades soll $0 \cdot 3$ bis $0 \cdot 6^m$ unter den Spiegel des Unterwasssrs zu liegen kommen.

Mittlere Aufstellung. Wenn bei einem grösseren Gefälle, das grösstentheils durch den Obergraben gewonnen wird, die Lokalverhältnisse und insbesondere die Einrichtung der Transmission es erfordern, dass die Turbine eine Höhe von 2, 3, 4^m über den Spiegel des Unterwassers aufgestellt werde, so muss man die Turbine in einen Cylindermantel ganz einschliessen, das Betriebswasser durch ein Rohr, das in den Cylindermantel mündet, aus dem Zuflusskanal zu leiten, und durch ein zweites Rohr, das unter dem Turbinenrad die Fortsetzung des Cylindermantels bildet, unter den Spiegel des Unterwassers herableiten.

Die Turbine von Fourneyron

mit zwei in einander liegenden Rädern.

Tafel XVII. Fig. 155 und 156.

207.

Bezeichnung derjenigen Grössen, welcher bei der Construktion einer neu zu erbauenden Turbine dieser Art in Betrachtung kommen.

H das Gefäll. Befindet sich das Rad unter dem Spiegel des Unterwassers, so ist H gleich dem Vertikalabstand der Wasserspiegel im oberen und unteren Kanal. Befindet sich das Rad über dem Spiegel des Unterwassers, so ist H die Höhe des Wasserspiegels im oberen Kanal, über die mittlere Ebene des Rades;

Q die Wassermenge in Kubm., welche pr 1″ auf das Rad wirken soll;

α_1 der Winkel, unter welchem die Leitkurven den inneren Umfang des Schützenmantels durchschneiden;

i Anzahl der Leitkurven;

$\alpha = \widehat{m\ k\ e}$ der Winkel, den die mittlere Richtung h k m, nach welcher das Wasser aus den Leitkanälen tritt, mit dem inneren Umfang des Rades bildet;

β Winkel, unter welchem die Radschaufeln den inneren Umfang des Rades durchschneiden;

γ Winkel, den die mittlere Richtung, nach welcher das Wasser aus dem Turbinenrad austritt, mit dem äusseren Umfang des Rades bildet;

k Contraktionscoefficient für den Austritt des Wassers aus den Kanälen des Leitrades;

k_1 Contraktionscoefficient für den Austritt des Wassers aus den Kanälen des Turbinenrades;

U Geschwindigkeit, mit welcher das Wasser aus den Kanälen des Leitrades austritt;

R_2 der innere, R_1 der äussere $\Big\}$ Halbmesser des Rades;

i_1 Anzahl der Radkurven;

$s = \overline{f\ g}$ normale Weite der Kanäle des Leitrades;

$s_1 = \overline{w\ x}$ normale Weite der äusseren Mündungen der Radkanäle;

δ_1 Höhe des Rades, Fig. 156, oder Vertikalabstand der beiden Radkronen;

v_2 vortheilhafteste Geschwindigkeit am inneren Umfang des Rades;

n vortheilhafteste Anzahl der Umdrehungen der Turbine pr 1 Minute;

N_n der in Pferdekräften à 75 Kilgm. ausgedrückte Nutzeffekt, welchen die Turbine hervorbringen soll.

208.

Regeln zur Berechnung aller Hauptabmessungen einer zu erbauenden Fourneyron'schen Turbine.

Mit Berücksichtigung der in vorhergehender Nummer zusammengestellten Bezeichnungen hat man nun zur Berechnung aller Hauptdimensionen folgende Regeln:

Wassermenge in Kubikmet., welche pr 1'' auf das Rad wirken muss, um einen Nutzeffekt von N_n Pferdekräften zu erhalten

$$Q = 0{\cdot}125\ \frac{N_n}{H}$$

Innerer Halbmesser des Turbinenrades . . . . . $R_2 = 0{\cdot}538\sqrt{Q}$

Winkel, unter welchem die Leitkurven den inneren Umfang des Turbinenschützens schneiden:

a) bei kleineren Turbinen . . . . $\alpha_1 = 15^0$

b) bei grösseren Turbinen . . . . $\alpha_1 = 24^0$

Krümmungshalbmesser für die Leitkurven $\overline{e\,g}$ . . $= 0{\cdot}5\ R_2$

Metalldicke der Leitkurven . . . . $= \frac{R_2}{80}$

Metalldicke des Schützenmantels . . . . $= \frac{R_2}{60}$

Spielraum zwischen dem Schützenmantel und dem inneren Umfang des Rades . . . . $= \frac{R_2}{160}$

Anzahl der Leitkurven . . . . $i = 24$ bis 30

Mit diesen Regeln kann der Horizontaldurchschnitt des Leitrades verzeichnet werden, und aus dieser Zeichnung findet man dann den Winkel α und die Weite s α und s

Winkel, unter welchem die Radkurven den inneren Umfang des Rades durchschneiden . . . . . $\beta = 60$ bis 90^0

Geschwindigkeit, mit welcher das Wasser aus den Kanälen des Leitrades ausfliesst:

$$U = \sqrt{g\,H\,\frac{\sin.\beta}{\cos.\alpha\,\sin.(\alpha+\beta)}}$$

Für den Fall, dass das Wasser in einer längeren Röhrenleitung, die Gefällverluste verursacht, zugeleitet würde, müsste man, um den in dieser Gleichung für H zu setzenden Werth zu erhalten, von dem wirklich vorhandenen Gefälle jene Gefällverluste abziehen.

Höhe des Turbinenrades . . . . $\delta_1 = \frac{Q}{i\,s\,k\,U}$

wobei zu setzen ist: { wenn $\alpha_1 = 15^0$ . . . . $k = 0{\cdot}80$
{ wenn $\alpha_1 = 24^0$ . . . . $k = 0{\cdot}90$

Verhältniss zwischen dem äusseren und inneren Halbmesser des Rades:

$$\frac{R_1}{R_2} = 1 + \frac{0{\cdot}0045\ \beta^0}{\sqrt[3]{R_2}}$$

Anzahl der Radkurven . . . . $i_1 = 1{\cdot}2 \sin. \beta\, i$

Metalldicke der Radkurven . . . . $= \frac{R_2}{50}$

Die Radkurven können aus 2 Kreisbogen zusammengesetzt werden und es ist zu nehmen:

	wenn $\beta = 60^0$	90^0
erster Krümmungshalbmesser	$\overline{p\,n} = 0{\cdot}45\ R_2$	$0{\cdot}36\ R_2$
zweiter Krümmungshalbmesser	$\overline{p\,q} = 0{\cdot}59\ R_2$	$0{\cdot}50\ R_2$

Winkel, unter welchem die Radkurven den äusseren Umfang des Rades scheiden sollen, nicht grösser als 10 bis 15^0.

Aeussere Weite der Radkanäle:

$$s_1 = s \frac{k}{k_1} \frac{i}{i_1} \frac{R_2}{R_1} \frac{\sin. \beta}{\sin. (\alpha + \beta)}$$

$$k_1 = 0{\cdot}9.$$

Vortheilhafteste Geschwindigkeit eines Punktes am inneren Umfang des Rades

$$v_2 = 0{\cdot}707 \sqrt{g\, H \frac{\sin. (\alpha + \beta)}{\sin. \beta \cos. \alpha}}$$

Vortheilhafteste Anzahl der Umdrehungen des Rades pr 1 Minute:

$$n = 9{\cdot}548 \cdot \frac{v_2}{R_2}$$

209.

Formeln zur Berechnung des Nutzeffektes der Turbinen nach Fourneyron.

Zur Berechnung des Nutzeffektes, welchen eine *Fourneyron*'sche Turbine von gegebenen Abmessungen, bei verschiedenen Schützenöffnungen, und verschiedenen Geschwindigkeiten entwickelt, ist es zweckmässig, nebst den in Nr. 207 zusammengestellten Bezeichnungen noch folgende zu gebrauchen:

Ω die Summe der Querschnitte aller Oeffnungen am Leitkurvenrad, bei einer gewissen Stellung des Schützens;

Ω_2 die Summe der Querschnitte der Radkanäle am innern Umfang des Rades;

Ω_1 die Summe der Querschnitte der Radkanäle am äusseren Umfang des Rades;

v_1 die Geschwindigkeit eines Punktes am äusseren Umfang des Rades;

$\frac{v_1^2}{2gH} = x$ das Verhältniss zwischen der Geschwindigkeitshöhe, welche der äusseren Umfangsgeschwindigkeit des Rades entspricht und dem Gefälle H.

Man berechne nun die Werthe von m n A B C D vermittelst folgender Ausdrücke:

$$n = \frac{\Omega_1 \, k_1}{\Omega \, k} \sin. \alpha - \frac{\Omega_1 \, k_1}{\Omega_2} \sin \beta$$

$$m = \frac{\Omega_1 \, k_1}{\Omega \, k} \cos. \alpha + \frac{\Omega_1 \, k_1}{\Omega_2} \cos. \beta$$

$$A = 1 - \frac{\left(\frac{R_2}{R_1} \frac{\Omega_1 \, k_1}{\Omega_2} \cos. \alpha + \cos. \gamma\right) \frac{R_2}{R_1} \frac{\Omega_1 \, k_1}{\Omega_2} \cos. \beta}{1 + m^2 + n^2}$$

$$B = \frac{\frac{R_2}{R_1} \frac{\Omega_1 \, k_1}{\Omega \, k} \cos \alpha + \cos. \gamma}{\sqrt{1 + m^2 + n^2}}$$

$$C = 1 - \left(\frac{R_2}{R_1}\right)^2 + \frac{\left(\frac{R_2}{R_1} \frac{\Omega_1 \, k_1}{\Omega_2} \cos. \beta\right)^2}{1 + m^2 + n^2}$$

$$D = \frac{\frac{\Omega_1 \, k_1}{\Omega_2} \frac{R_2}{R_1} \cos. \beta}{1 + m^2 + n^2}$$

und dann findet man für irgend einen Werth von x

$$\frac{E_n}{1000 \, Q \, H} = - 2 \, A \, x + 2 \, B \sqrt{x + C x^2}$$

$$\frac{U}{\sqrt{2 g H}} = \frac{\Omega_1 \, k_1}{\Omega \, k} \left\{ D \sqrt{x} + \sqrt{\frac{1 + C x}{1 + m^2 + n^2}} \right\}$$

Man findet ferner den Werth von x, für welchen der Nutzeffekt ein Maximum wird, so wie auch den entsprechenden grössten Werth von E_n durch folgende Ausdrücke:

$$(x)_{\text{max. r}} = \frac{1}{2\,C}\left\{-1+\frac{1}{\sqrt{1-C\left(\frac{B}{A}\right)^2}}\right\}$$

$$\left(\frac{E_n}{1000\,Q\,H}\right)_{\text{max. r}} = \frac{A}{C}\left\{1-\sqrt{1-C\left(\frac{B}{A}\right)^2}\right\}$$

Die Schottische Turbine.

210.

Regeln zur Berechnung der Hauptabmessungen derselben.

Diese Turbine könnte zwar füglich ganz mit Stillschweigen übergangen werden, denn sie ist, im Vergleich mit den übrigen Anordnungen, von keinem praktischen Werth. Der Nutzeffekt, welchen sie entwickelt, ist gering, und die Construktion derselben ist keineswegs so einfach, als man früher gemeint hat. Der Vollständigkeit wegen mögen aber dennoch die wenigen zur Berechnung der Hauptdimensionen nothwendigen Regeln, so wie auch einige Bemerkungen über die Verzeichnung des Rades folgen.

Wassermenge, welche pr 1'' zugeleitet wird, um einen Nutzeffekt von N_n Pferdekräften zu erhalten . . $Q = 0{\cdot}15\,\frac{N_n}{H}$

Innerer Halbmesser des Rades . . . $R_2 = 0{\cdot}4\,\sqrt{Q}$

Aeusserer Halbmesser des Rades . . $R_1 = 3\,R_2$ bis $5\,R_2$

Summe der Querschnitte der Ausflussöffnungen am äusseren Umfang des Rades $\Omega_1 = \frac{1{\cdot}65\,Q}{\sqrt{2\,g\,H}\sqrt{\frac{1}{2}\left(1+\frac{R_1}{R_2}\right)}}$

Höhe der Radkanäle . . . . . . $\delta_1 = \frac{1}{2}\,R_2$

Aeussere Weite der Radkanäle { für 2armige Turbinen $s_1 = \frac{1}{2}\,\frac{\Omega_1}{\delta_1}$

für 3armige Turbinen $s_1 = \frac{1}{3}\,\frac{\Omega_1}{\delta_1}$

Vortheilhafteste Anzahl der Umdrehungen der Turbine pr 1 Minute . . $n = \frac{7{\cdot}3}{R_2}\,\frac{\sqrt{2\,g\,H}}{\sqrt{2\left(1+\frac{R_1}{R_2}\right)}}$.

Zur Verzeichnung der Radkanäle dienen die Figuren 157, 158, Tafel XVIII und die folgenden Bemerkungen.

Fig. 157 zweiarmige Turbine. o m z zwei Drittheile einer Umwindung einer gewöhnlichen Spirale. Winkel y o z $= 240^{\circ}$.

Bogen y t z in 16 gleiche Theile getheilt. Radius o z ebenfalls in 16 gleiche Theile getheilt. $\overline{c\,z} = \overline{z\,d} = \frac{1}{2}\, s_{t}$. Die Weite m q r, welche irgend einem, z. B. dem zehnten, Theilungspunkt t entspricht, wird erhalten, wenn man die Ordinate n p, welche dem zehnten Theilungspunkt auf o n z entspricht, von m aus nach m r und m q normal auf die Spirale aufträgt.

Fig. 158 dreiarmige Turbine. o m z eine halbe Umwindung einer gewöhnlichen Spirale. $\overline{c\,z} = \overline{z\,d} = \frac{1}{2}\, s_{t}$. a b Seite des Dreieckes, welches dem Kreis vom Halbmesser $\mathbf{R}_{1}$ eingeschrieben werden kann. Weite q r, welche irgend einem z. B. dem achten Theilungspunkt entspricht, gleich 2 $\overline{n\,p}$ am achten Theilungspunkt auf o z.

211.

Zuleitungsröhren für Turbinen jeder Art.

Wenn grössere Gefälle benutzt werden sollen, wird das Wasser jederzeit in Röhren der Maschine zugeleitet. Die Gefällverluste, welche durch Reibung des Wassers an den Röhrenwänden, und durch unregelmässige Bewegung entstehen, fallen in der Regel hinreichend klein aus, wenn die Geschwindigkeit des Wassers in der Röhre nicht mehr als 1^{m} beträgt. Für diese Geschwindigkeit ist der Durchmesser d der Röhre

$$d = \sqrt{\frac{4\,Q}{\pi}}$$