Der Maschinenbau

Redtenbacher, Ferdinand

Mannheim, 1863

Aeltere Theorie der Wasserräder

Berechnungen.	Daten.	Effekte in Prozenten.
Tiefe des Rades . . . . a	0·27^m	
Schaufeltheilung . . . . e	0·39^m	
Halbmesser des Rades . . . . R	6·00^m	
Eintritt.		
Tiefe des Eintrittspunktes unter dem Spiegel des Wassers im Zuflusskanal	0·46^m	
Entsprechende Geschwindigkeit . . . V	3·00^m	
Relative Geschwindigkeit des Wassers . V_r	1·50^m	
Projektion der Schaufeltheilung . . . $\overline{mn}$	0·04^m	
$\overline{no}$	0·20^m	
Effektverlust $\dfrac{\frac{V_r^2}{2g}+\frac{1}{2}\,mn+\overline{no}}{H}$	. . .	= 0·03
Austritt.		
Freihängen des Rades . . . . h	0·14^m	
Verlust $\dfrac{\frac{v^2}{2g}+h}{H}$	. . .	= 0·02
Entleerung.		
Höhe des mittleren Entleerungspunktes über dem tiefsten Punkt des Rades . . . . h	0·6^m	
Effektverlust $=\dfrac{h}{H}$	. . .	= 0·05
Nicht berechenbare Effektverluste . . .	. . .	= 0·08
Summe der Effektverluste . .	. . .	0·18
Nutzeffekt des Rades	. . .	0·82

Aeltere Theorie der Wasserräder. Diese ältere Methode der Effektberechnung der Wasserräder besteht darin, dass man Alles, was Schwierigkeiten verursacht, bei Seite lässt und nur diejenigen Effektverluste berücksichtigt, die sich leicht bestimmen lassen. Man nimmt daher an, dass alle Wassertheilchen in einem bestimmten Punkt des Radumfanges mit gleicher Geschwindigkeit ankommen, daselbst mit ihrer relativen Eintrittsgeschwindigkeit gegen das Rad stossen, hierauf von dem Stosspunkte an bis zum Spiegel des Unterwassers hinab durch ihr Gewicht wirken und endlich mit einer absoluten Geschwindigkeit, die mit jener des Radumfanges übereinstimmt, am Spiegel des Unterwassers austreten. Diese Annahmen sind nur richtig, wenn das Wasser in Form eines unendlich dünnen Strahles eintritt, wenn ferner das Rad mit unendlich vielen und unendlich seichten radial gestellten Schaufeln versehen ist, und endlich weder ein Wasserverlust, noch sonst einer von den verschiedenen Verlusten stattfindet, von denen früher die Rede war.

Nennt man:

Q die Wassermenge, welche in 1 Sekunde in das Rad eintritt;

H das totale Gefälle, von Spiegel zu Spiegel gemessen;

h_1 die Tiefe des Punktes, wo die Wassertheilchen den Umfang des Rades erreichen unter dem Spiegel des Wassers im Zuflusskanal;

$h = H - h_1$ die Höhe des Eintrittspunktes über dem Spiegel des Unterwassers;

V die absolute Eintrittsgeschwindigkeit;

v die absolute Umfangsgeschwindigkeit des Rades;

α den Winkel, den die Richtungen von V und v mit einander bilden;

$g = 9 \cdot 808$ die Endgeschwindigkeit beim freien Fall nach der ersten Sekunde;

E_n den in Kilogramm-Metern ausgedrückten Nutzeffekt des Rades;

so ist:

$$\sqrt{V^2 + v^2 - 2 \, V \, v \cos \alpha}$$

die relative Geschwindigkeit, mit welcher die Wassertheilchen gegen das Rad stossen;

$$1000 \frac{Q}{2 \, g} (V^2 + v^2 - 2 \, V \, v \cos \alpha)$$

der Effektverlust, welcher bei dem Stosse entsteht, wenn alle Theilchen ihre relative Geschwindigkeit vollständig verlieren;

$$1000 \frac{Q}{2 \, g} v^2$$

die lebendige Kraft, welche im Wasser noch enthalten ist, nachdem es das Rad verlassen hat, die also für die Wirkung auf das Rad verloren geht.

In der Voraussetzung, dass sonst keine Effektverluste stattfinden, ergibt sich nun der Nutzeffekt des Rades, wenn man von dem absoluten Effekt $1000\ Q\ H$ der Wasserkraft die so eben bestimmten Verluste abzieht. Man findet daher:

$$E_n = 1000\ Q\ H - 1000 \frac{Q}{2\ g} (V^2 + v^2 - 2\ V\ v \cos \alpha) - 1000 \frac{Q}{2\ g} v^2$$

oder

$$E_n = 1000\ Q \left[H - \frac{V^2}{2\ g} + \frac{(V \cos \alpha - v)\ v}{g} \right] \quad . \ . \ . \ . \ (1)$$

Nun ist aber nach bekannten hydraulischen Prinzipien

$$\frac{V^2}{2\ g} = h_1, \ \text{demnach}\ H - \frac{V^2}{2\ g} = H - h_1 = h$$

demnach kann man auch schreiben:

$$E_n = 1000\ Q \left[h + \frac{(V \cos \alpha - v)\ v}{g} \right] \ . \ . \ . \ . \ . \ . \ (2)$$

Das erste Glied dieses Ausdruckes, nämlich $1000\ Q\ h$, ist der Effekt, den das Wasser durch sein Gewicht hervorbringt, indem es durch die Höhe h nach dem Stosse niedersinkt. Das zweite Glied

$$1000\ Q \frac{(V \cos \alpha - v)\ v}{g}$$

ist der Effekt, den das Wasser beim Eintritt durch Stoss entwickelt.

Für ein wirklich existirendes Rad sind H, h, α, V ganz bestimmte unveränderliche Grössen, und nur die Geschwindigkeit v kann veränderlich sein. Ist $v = 0$ oder $v = V \cos \alpha$, so bringt der Stoss gar keine Nutzwirkung hervor, denn es wird dann

$$E_n = 1000\ Q\ h$$

Ist dagegen $v = \frac{1}{2} V \cos \alpha$, d. h. beträgt die Umfangsgeschwindigkeit des Rades die Hälfte von der tangentialen Geschwindigkeit des eintretenden Wassers, so wird der Nutzeffekt des Rades ein Maximum und man findet für diesen Werth von v:

$$(E_n)_{\text{max.}} = 1000\ Q \left(h + \frac{1}{2} h_1 \cos^2 \alpha \right) \quad . \ . \ . \ . \ (3)$$

Bei der vortheilhaftesten Geschwindigkeit des Rades beträgt also (weil $\cos^2 \alpha < 1$) der durch Stoss hervorgebrachte Effekt nicht einmal halb so viel, als der absolute Effekt, welcher der Wassermenge Q und dem Gefälle h_1 entspricht.

Für ein neu zu erbauendes Rad sind nur Q und H bestimmte Grössen, V und v dagegen können nach Belieben gemacht werden. Es ist nun die Frage, ob diese zwei Geschwindigkeiten nicht so angenommen werden könnten, dass der Nutzeffekt gleich dem absoluten Effekt der Wasserkraft würde. Dies ist, wie aus der Gleichung (1) erhellet, dann der Fall, wenn $V = v = 0$ wird; d. h. wenn das Rad unendlich langsam geht, und wenn das Wasser mit unendlich kleiner Geschwindigkeit eintritt.

Ungeachtet die wirklichen Räder (insbesondere die Kübelräder) in ihrer Einrichtung von dem dieser Theorie zu Grunde gelegten idealen Rade so enorm abweichen, so hat man sich doch erlaubt, die Ergebnisse dieser Theorie für alle älteren Räder gelten zu lassen. Um jedoch die dadurch entstehenden Fehler einigermassen gut zu machen, hat man durch Versuche mit bestehenden Rädern gewisse Corrections-Coeffizienten auszumitteln gesucht, mit welchen die Formel (2) multiplizirt werden muss, damit dieselbe mit den Versuchsresultaten übereinstimmende Werthe gibt.

Smeaton, *Borda*, *Bossut*, *Morosit*, *Christian* und Andere haben derlei Versuche mit gewöhnlichen unterschlächtigen Rädern angestellt. *Morin* hat das Gleiche mit den übrigen Arten der älteren Räder gethan.

Bezeichnet man durch A und B die Coeffizienten, mit welchen die beiden Glieder der Gleichung (2) versehen werden müssen, damit dieselbe mit den genannten Resultaten übereinstimmende Werthe gibt, so hat man statt jener theoretischen Formel die folgende praktische Formel:

$$E_n = A\ 1000\ Q\ h + B\ 1000\ Q\ \frac{(V \cos \alpha - v)\ v}{g} \quad \ldots \quad (4)$$

welche nun leicht den verschiedenen Arten von Rädern angepasst werden kann.

Unterschlächtige Räder. Für diese ist $h = 0$ und $\alpha = 0$ zu setzen, denn das Wasser wirkt nur durch Stoss, und kommt fast nach tangentialer Richtung an das Rad an. Nach den Versuchen von *Bossut* und *Smaeton*, die mit gewöhnlichen Mühlenrädern angestellt wurden, bei welchen die Schütze vertikal steht, und die im Gerinne 0·03 Meter bis 0·04 Meter Spielraum haben, ist $B = 0{\cdot}6$ zu nehmen. Die Formel (4) wird daher für solche Räder:

$$E_n = 61\ V\ (Q - v)\ v \quad \ldots\ldots\ldots \quad (5)$$