Theorie und Bau der Wasserräder

Redtenbacher, Ferdinand

Mannheim, 1846

A. Tafel I. Hölzernes Kropfrad

urn:nbn:de:bsz:31-282850

Die Detailverbindungen sind bei den auf den grossen Tafeln dargestellten Rädern möglichst sorgfältig ausgewählt, und zweckloses Schnörkelwerk ist dabei überall vermieden. Mancher dieser Verbindungen wird man vielleicht den Vorwurf machen, dass sie für die Praxis zu kleinlich raffinirt sind, allein bei Musterzeichnungen kann die Vollkommenheit der Verbindungen nicht leicht zu weit getrieben werden, und überdiess unterliegt es keiner Schwierigkeit, die Verbindungen unvcllkommener zu machen, als sie in jenen Zeichnungen sind.

Von jedem der dargestellten Räder sind die Gewichte und die Kosten des Baues berechnet worden, weil diess für die Praxis von Wichtigkeit ist. Zur Kostenberechnung sind folgende Preise angenommen worden.

100 Killg. verarbeitetes Eisen durchschnittlich	à fl.	40 bis 50
1 Kub. M. Eichenholz	„	20
Bearbeitung von 1□ Met. Oberfläche von Holz	„	1·5
1 Kub. M. Bruchsteinmauerwerk	„	3·7
1 Kub. M. Quadermauerwerk.	„	37

Noch muss bemerkt werden, dass bei den zwei kleinen Kropfrädchen die Breite und Tiefe derselben nicht nach den allgemeinen Formeln berechnet wurden, weil es mir darum zu thun war, ein paar Beispiele zu zeigen über den Bau von kleineren Rädern mit einem Armsysteme; die allgemeine Formel hätte aber eine für diese Bauart zu grosse Radbreite geliefert.

A. Tafel I.

Hölzernes Kropfrad.

Dieses Rädchen ist von möglichst einfacher aber doch solider Bauart, wie es die Bedürfnisse der Gewerbsindustrie erfordern. Es ist für den Fall construirt worden, dass durch ein vorhandenes Wehr der obere Wasserspiegel im Zuflusskanale immer auf gleicher Höhe erhalten werden kann, dass dagegen der Wasserspiegel im unteren Abflusskanal um $0{\cdot}5^{m}$ veränderlich ist. Bei dem kleinsten Wasserstand berührt der Spiegel des Unterwassers den Umfangskreis des Rades. Bei dem mittleren Wasserstand tauchen die Schaufeln zur Hälfte, beim höchsten Stand tauchen sie ganz ein. Das nutzbare Gefälle (welches durch den Verticalabstand der Spiegel in den beiden Kanälen bestimmt wird), ist also beim tiefsten Wasserstand am grössten und beim höchsten Stand am kleinsten. Die Wassermenge, welche auf das Rad wirken muss, damit es einen gewissen

Nutzeffekt hervorbringt, ist daher beim tiefsten Wasserstand am kleinsten, beim höchsten Stand am grössten. Die Breite des Rades ist so bestimmt worden, dass die Schaufelräume nur $\frac{1}{3}$ gefüllt sind, wenn die kleinste Wassermenge auf das Rad wirkt.

Die Hauptdaten zur Berechnung des Rades sind:

1) grösstes Gefälle beim tiefsten Wasserstand . . $H = 1{\cdot}5^m$
2) Wassermenge, welche bei diesem Wasserstande pr. 1″ auf das Rad wirkt . . . . $Q = 0{\cdot}253^{Kbm}$

Angenommen wurde:

1) wegen der Veränderlichkeit des unteren Wasserstandes die Tiefe des Rades . . . . $a = 0{\cdot}5^m$
2) die Umfangsgeschwindigkeit des Rades . . . $v = 2^m$
3) Geschwindigkeit, mit welcher das Wasser den Umfang des Rades erreicht. . . . . $V = 4^m$
4) Füllung der Schaufelräume, wenn die Wassermenge Q dem Rade zufliesst . . . . $\frac{Q}{a\,b\,v} = \frac{1}{3}$
5) der Winkel, den der von dem Vereinigungspunkt des convexen und concaven Theils des Gerinnes nach dem Mittelpunkte des Rades gezogene Radius mit der verticalen Richtung bildet $\gamma = 45^0$

Die Annahmen für die Geschwindigkeiten sind zwar für den Nutzeffekt nicht sehr günstig, kleinere Geschwindigkeiten wären in dieser Hinsicht vortheilhafter, allein in der Regel kommt es bei derlei kleinen Rädern auf einige Procente mehr oder weniger Nutzeffekt nicht an, indem meistens hinreichend Wasser vorhanden ist, dagegen aber wünscht man gewöhnlich einen schnellen Gang des Rades um, wo möglich, kostspielige Transmissionsräder zu vermeiden. Mit Berücksichtigung dieser practischen Verhältnisse wird man obige Annahmen wohl gelten lassen.

Nun findet man:

die Breite des Rades . . . . $b = 3 \cdot \frac{Q}{a\,v} = 0{\cdot}76^m$

Gefälle, welches der Geschwindigkeit V entspricht $\frac{V^2}{2g} = 0{\cdot}82^m$

Halbmesser des Rades . . . . $R = \dfrac{H - \frac{V^2}{2g}}{1 - \cos.\gamma} = 2{\cdot}27^m$

Schaufeltheilung . . . . $e = 0{\cdot}2 + 0{\cdot}7\,a = 0{\cdot}55^m$

Anzahl der Schaufeln . . . . $i = \frac{2R\pi}{e} = 26$

Anzahl der Radarme . . . , . . . $\mathfrak{N} = 2\,(1 + R) = 6$

Wegen der 6 Arme sind 30 statt 26 Schaufeln genommen worden; die Theilung ist in der Zeichnung $0{\cdot}5^m$.

Anzahl der Umdrehungen des Rades p 1′ $n = 9{\cdot}548 \cdot \frac{v}{R} = 8{\cdot}41$

Mit diesen theils angenommenen, theils berechneten Grössen ist das Rad verzeichnet.

Die Radschaufeln sind schief gegen den Radius und zwar so gestellt, dass sie in senkrechter Lage zur Hälfte in das Unterwasser eintauchen, wenn dieses seinen mittleren Stand erreicht hat.

Die Schaufelarme sind so bestimmt, dass sie durch den Stoss des Wassers beim Eintritt desselben auf den zehnten Theil ihrer respectiven Festigkeit in Anspruch genommen sind. Dieser Stoss beträgt 42 Kilg. Auch die Radarme sind so berechnet worden, dass sie auf $^1/_{10}$ ihrer respectiven Festigkeit in Anspruch genommen sind, wenn man sich vorstellt, dass jeder einzelne Arm der ganzen am Umfange des Rades wirkenden Kraft Widerstand leisten soll.

Das Gewicht des Rades beträgt, wenn eine Welle von 5^m angenommen wird, 1735 Klg.

Der Druck, den der in der Nähe des Rades befindliche Zapfen auszuhalten hat, kann hier gleich dem Gewichte des Rades gesetzt werden, weil der Schwerpunkt des Baues diesem Zapfen sehr nahe liegt und von dem anderen Zapfen der Welle sehr entfernt ist.

Der Durchmesser des Zapfens ist daher . $0{\cdot}18\,\sqrt{1735} = 7{\cdot}5^{Km}$

Der Durchmesser der Welle ist hier nach dem Gefühle so gewählt worden, dass sie da, wo die Arme durchgesteckt sind, noch hinreichende Festigkeit verspricht.

Das Rad befindet sich, wie Fig. 2 zeigt, zwischen zwei Mauern, von denen die eine dem Gebäude angehört, in welchem die zu treibenden Maschinen aufgestellt sind, die andere dagegen bestimmt ist, das Zapfenlager für das Rad und die Querschwellen zu tragen, auf welchen der Bau des Gerinnes ruht.

Das Gerinne ist auf folgende Art gebaut: Es ruht auf den drei Querbalken a a a, die mit ihren Enden an die Seitenmauern eingemauert sind. In diese Querbalken sind auf jeder Seite des Rades drei Hölzer $a_1\ a_1\ a_1$ eingezapft und ebenfalls in die Seitenmauern ganz eingemauert. Der Boden des Radgerinnes liegt auf den zu beiden Seiten des Rades angebrachten Hölzern b b, die mit ihren Enden in die Querhölzer a a a eingelegt und oben nach der Form des Gerinnes krummlinig zugeschnitten sind. Die mit b_1 bezeichneten Theile, welche den Anfang der Mauerverkleidung bilden, sind mit b aus einem Stück geschnitten. Diese

Mauerverkleidung besteht aus mehreren an den Seitenmauern anliegenden und an die Hölzer a_1 a_1 a_1 angenagelten Brettern c c c. Auf ähnliche Weise, wie das Radgerinne, sind auch die Zu- und Abflussgerinne hergestellt. Der Schützen d, welcher eine schiefe Stellung und auf der dem Zuflusskanale zugekehrten Seite eine für die Zuleitung des Wassers zweckmässige Abrundung hat, besteht aus zwei durch eine Feder verbundenen Brettern. Er ist mit einer hölzernen Leitstange d_1, die oben durch einen Querbalken geht und mit zwei Leithebeln e versehen, die sich um die an der Gerinneswand befestigten Zapfen e_1 drehen. Zum Aufziehen und Niederlassen des Schützens dient ein Kettchen, welches bei e_2 in den Schützen eingehängt und oben über das Röllchen e_3 in das Gebäude geleitet wird.

Das Rad hat wegen seiner geringen Breite nur einen Kegelkranz und einen Armstern. Der Kegelkranz besteht aus zwei Schichten von Segmentstücken, von denen eines in Fig. 3 und 4 dargestellt ist. Die Kegel f_1 Fig. 6 sind mit ihren schwalbenschwanzförmigen Enden zwischen die Kranzschichten eingelegt und werden durch Holzkeile f_2 festgehalten. Die Schaufelbretter sind mit Schrauben und Bändern an die Kegel befestigt und drücken zugleich die Bodenbretter h h gegen den Kegelkranz. Zur Verbindung der Arme mit dem Kegelkranze sind die ersteren an ihren äusseren Enden gabelförmig ausgeschnitten i Fig. 2. Die Breite dieser Ausschnitte ist aber etwas kleiner als die Dicke des Kegelkranzes und dieser letztere ist, um in die Gabel hineinzupassen, auf drei Seiten seiner Oberfläche etwas eingeschnitten. Eine Schraube i_1 klemmt die zu verbindenden Theile zusammen, ohne von der Kraft in Anspruch genommen zu werden, welche aus der Wirkung des Wassers auf das Rad entsteht.

Fig. 5 zeigt die Verbindung der Arme unter einander und mit der Welle. Diese Verarmung ist natürlich nur bei kleinen Rädern anwendbar, weil die Welle, damit die Arme durchgesteckt werden können, nach drei Richtungen durchlocht werden muss, wodurch sie an Festigkeit bedeutend verliert. Die Art, wie die Arme verschnitten werden müssen, wird man bei aufmerksamer Vergleichung der Figuren 5 erkennen. Um die Arme in die Welle einlegen zu können, müssen die drei Durchlochungen nach der Richtung der Axe der Welle ungleiche Dimensionen haben. Diese Dimension ist für einen der drei Arme gleich der mit der Axe des Rades parallelen Dimension des Armes; die zweite ist $(1 + {}^1/_3)$, die letzte $(1 + {}^2/_3)$ von dieser Dimension des Armes.

Die Welle des Rades ist mit einem Spitzzapfen versehen, der in das Ende der Welle in ein vorgebohrtes konisches Loch eingetrieben wird. Der in die Welle eindringende Theil ist an seiner Oberfläche mit Widerhaken versehen, die das Zurückweichen verhindern. Um die Welle sind 5 Reife ll angelegt und überdiess ist noch eine gusseiserne Kappe l_1 angebracht, welche das Wellenende gegen des Aussprengen schützt.

Zur Berechnung des Nutzeffektes, welchen das Rad beim tiefsten Stand des Unterwassers zu entwickeln vermag, hat man folgende Daten.

$H = 1{\cdot}5^m$,	$Q = 0{\cdot}253$	$v = 2$,	$V = 4$
$a = 0{\cdot}5^m$	$b = 0{\cdot}76^m$	$c = 0.45^m$	$e = 0{\cdot}48^m$
$\delta = 0^0$	$\gamma = 45^0$	$\beta = 62^0$	$\varepsilon = 0{\cdot}015$
$i = 30$	$h = 0{\cdot}27$	$s = 0{\cdot}18$	$f = 0{\cdot}08$
$R = 2{\cdot}27$	$S = 2^m$.		

und man findet:

Effektverlust, welcher beim Eintritt des Wassers entsteht:

$$1000 \frac{Q}{2g} \left\{ \begin{matrix} V^2 + v^2 - 2 V v \cos. \delta + \\ 2 g \left[\frac{1}{2} \sin. \gamma + c \sin. (\gamma - \beta) - s \right] \end{matrix} \right\} = 0{\cdot}161 \text{ E.}$$

Effektverlust, welcher bei dem Austritt des Wassers entsteht

$$1000\ Q \left\{ \frac{v^2}{2g} + \frac{1}{2} h \right\} \ldots\ldots\ldots = 0{\cdot}226 \text{ E.}$$

Effektverlust, welcher durch das Entweichen des Wassers entsteht:

$$1000\ \varepsilon\ .\ b \sqrt{2 g e.} \left[H - \frac{V^2}{2g} \right] \left[0{\cdot}43 + 0{\cdot}26 \frac{Q}{a b v} \right]\ .\ = 0{\cdot}031 \text{ E.}$$

Effektverlust wegen des Luftwiderstandes:

$$0{\cdot}118\ i a b v^3 \ldots\ldots = 0{\cdot}030 \text{ E.}$$

Effektverlust wegen der Reibung des Wasses am Gerinne:

$$0{\cdot}366\ b S v^3 \ldots\ldots = 0{\cdot}012 \text{ E.}$$

Effektverlust wegen der Zapfenreibung:

$$1735 \times f \times v\ .\ \frac{d}{2R} \ldots = 0{\cdot}013 \text{ E.}$$

Summe der Effektverluste . . . . 0·473 E.

Nutzeffekt des Rades . . . . $\left\{ \begin{array}{l} 0{\cdot}527\ E_a = 200\ \text{Klgm.} \\ \text{Pferdekraft}\ 2{\cdot}64 \end{array} \right.$

Das Rad verspricht also nur 52·7 Procent Nutzeffekt, ein Resultat, welches wegen der grossen Geschwindigkeit des Rades, und weil es nicht in Unterwasser eintaucht, so ungünstig ausfallen musste; dessen ungeachtet empfiehlt es sich wegen seines einfachen Baues und schnellen Ganges, wenn hinreichend Wasser vorhanden ist.

B. Tafel II.

Kleines eisernes Kropfrad.

Dieses Rädchen ist wie das vorhergehende für ein Gefälle von $1{\cdot}5^{m}$ und für eine Wassermenge von $0{\cdot}253^{Kbm}$ construirt. Auch ist hinsichtlich der Wasserstände angenommen worden, dass der obere derselben durch einen vorhandenen Wehrbau immer nahe auf gleicher Höhe erhalten werden kann, dass dagegen der Wasserstand im Abflusskanal um $0{\cdot}5^{m}$ veränderlich sei. Wegen der Veränderlichkeit des Wasserstandes ist auch hier die Tiefe a des Rades nicht nach der allgemeinen Seite (168) aufgestellten Regel bestimmt, sondern gleich $0{\cdot}5^{m}$ angenommen worden, so dass die Schaufeln beim tiefsten Wasserstande das Unterwasser nur berühren, beim höchsten Stand dagegen ganz eintauchen. Endlich ist auch hier wiederum eine grosse Umfangsgeschwindigkeit von 2^{m} angenommen worden.

Die Hauptdaten zur Berechnung des Rades sind:

1) Grösstes Gefälle beim tiefsten Wasserstand . . $H = 1{\cdot}5^{m}$
2) Wassermenge, welche bei diesem Wasserstand auf das Rad wirken soll . . . . $Q = 0{\cdot}253^{Kbm}$

Angenommen wurde:

1) wegen der Veränderlichkeit des unteren Wasserstandes . . . . $a = 0{\cdot}5^{m}$
2) die Umfangsgeschwindigkeit des Rades . . . $v = 2^{m}$
3) Geschwindigkeit, mit welcher das Wasser den Umfang des Rades erreichen soll . . . . . $V = 4^{m}$