

**Badische Landesbibliothek Karlsruhe**

**Digitale Sammlung der Badischen Landesbibliothek Karlsruhe**

**Theorie und Bau der Wasserräder**

**Redtenbacher, Ferdinand**

**Mannheim, 1846**

D. Tafel IV., V., VI. Hölzernes Schaufelrad mit Ueberfalleinlauf

[urn:nbn:de:bsz:31-282850](https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:bsz:31-282850)

*D. Tafel IV., V., VI.***Hölzernes Schaufelrad mit Ueberfalleinlauf.***Beschreibung des Baues im Allgemeinen.*

Das Rad ist grösstentheils von Holz construirt, nur der Zahnkranz, die Rosetten, die Wellzapfen und einzelne kleinere Verbindungsstücke sind von Eisen. Innerhalb der Radstube sind die Seitenwände der Zu- und Abflusskanäle und des Gerinnes aus Mauerwerk, das jedoch überall, wo es mit Wasser in Berührung kommen könnte, mit Holz verkleidet ist. Das Gerinne des Rades liegt auf einem Mauerwerk von Bruchsteinen, ist aber aus Holz construirt. Das Rad hat drei Kegelkränze, die durch drei Armwerke und vermittelt dreier Rosetten mit der hölzernen Welle verbunden sind. Die Schaufelräume sind ventilirt. Die Welle ist mit zwei Ringzapfen versehen und die beiden äusseren Rosetten sind auf die Ringe der Zapfen aufgekeilt. Der Zahnkranz ist gegen einen der Kegelkränze geschraubt und wird durch 16 schmiedeiserne Stangen, die ihn aussen fassen und innen in die Armrosette eingelegt sind, in concentrischer Lage gegen die Axe des Rades erhalten. Der Schützen ist oben mit einer gusseisernen Leitfläche versehen; er wird durch einen Aufzug mit Zahnstangen und Getriebe bewegt.

*Berechnung der wesentlichsten Dimensionen des Rades.*

Das Rad ist für folgende Annahmen berechnet:

Gefälle . . . . .	$H = 2.5^m$
Wasserzufluss pr 1'' . . . . .	$Q = 1.5^{kbn}$
Absoluter Effekt der Wasserkraft . . . . .	$N_a = 50$
Umfangsgeschwindigkeit des Rades . . . . .	$v = 1.5^m$
Füllung des Rades . . . . .	$\frac{Q}{abv} = \frac{1}{2}$
Halbmesser des Rades . . . . .	$R = 3^m$
Verhältniss zwischen dem Nutzeffect und dem absoluten Effekt des Rades . . . . .	$\frac{N_n}{N_a} = 0.65$
Nutzeffect des Rades . . . . .	$N_n = 32.5$

Nun hat man

Verhältniss zwischen der Breite und

Tiefe des Rades . . . . .  $\frac{b}{a} = 1.75 \sqrt[3]{N_a} = 6.45$

Breite des Rades . . . . .  $b = \sqrt{\frac{2Q}{v} \cdot \frac{b}{a}} = 3.6^m$

Tiefe des Rades . . . . .  $a = \frac{b}{6.45} = 0.56^m$

Schaufeltheilung . . . . .  $e = 0.2 + 0.7 a = 0.59^m$

Anzahl der Schaufeln . . . . .  $i = \frac{2R\pi}{e} = 32$

Anzahl der Arme eines Armsystems .  $\mathfrak{R} = 2 (1 + R) = 8$

Anzahl der Umdrehungen des Rades pr 1'  $n = 9.548 \cdot \frac{v}{R} = 4.77$

Dicke der Wasserschichte über dem

Scheitel des Einlaufs nach S. (180) .  $t = \left( \frac{Q}{0.42b \sqrt{2g}} \right)^2 = 0.385^m$

Horizontaldistanz zwischen dem Scheitel des Einlaufs und dem Punkte, in welchem die Leitfläche dem Umfang des Rades begegnet nach Seite (181) . . . . . = 0.36<sup>m</sup>

Vertikaldistanz dieser Punkte . . . . . = 0.08<sup>m</sup>

Verzeichnung der Leitfläche nach der Regel Seite (181)

Halbmesser des Zahnkranzes (nach der Zeichnung). .  $R_1 = 2.25^m$

Druck in der Peripherie des Zahnkranzes  $\frac{650 Q H}{v} \cdot \frac{R}{R_1} = 2167^{kg}$

Dimensionen eines Zahnes

    Dicke  $z = 0.086 \sqrt{2167} = 4^{cm}$

    Breite  $z_1 = 6 z = 24^{cm}$

    Länge  $z_2 = \dots = 6^m$

    Theilung  $z_3 = 2.1 z = 8.4^{cm}$

    Anzahl  $= 8 \times 21 = 168$

Halbmesser des Getriebes (Kolbens)  $= \frac{1}{4} R_1 = 54^{cm}$

Anzahl der Umdrehungen p 1' .  $= 4 \times 4.774 = 19$

Durchmesser der Kolbenwelle .  $16 \sqrt[3]{\frac{32.5}{19}} = 19^{cm}$

Höhe eines Armes auf der Seite des

Zahnkranzes . . . . .  $= 0.855 \times 16 \sqrt[3]{\frac{2N_n}{n}} = 22.2^{cm}$

Dicke eines dieser Arme . . . . =  $\frac{5}{7} 22.2$  . . . . = 15.9<sup>cm</sup>

Höhe eines Armes von den beiden  
anderen Armsystemen . . . . =  $0.855 \times 16 \sqrt[3]{\frac{1}{3} \frac{N_n}{n}}$  = 18<sup>cm</sup>

Dicke eines dieser Arme . . . . =  $\frac{5}{7} 18$  . . . . = 12.9<sup>cm</sup>

Der Durchmesser eines Zapfens der  
Welle ist hier bestimmt worden  
nach der Annäherungsformel . .  $3 \sqrt{N_n}$  . . . . = 17

Durchmesser der hölzernen Welle . =  $3.5 \times 17$  . . . . = 60<sup>cm</sup>

Diess sind die wesentlichsten Dimensionen, mit welchen das Rad  
verzeichnet worden ist.

#### Effektberechnung des Rades.

Zur Berechnung des Effectes hat man nach den so eben ermittelten  
Dimensionen und nach der Zeichnung folgende Daten:

H = 2.5,	Q = 1.5,	v = 1.5,	V = 3
a = 0.56,	b = 3.6,	c = 0.2	e = 0.6
$\delta = 43^\circ + 40'$ ,	$\gamma = 71.5$ ,	$\beta = 75^\circ$ ,	$\varepsilon = 0.02$
i = 32,	h = 0,	s = 0.18	f = 0.08
R = 3 <sup>m</sup>	S = 3.5 <sup>m</sup> ,		

und nun findet man:

Absoluten Effect der Wasserkraft . . . . .  $E_a = 3750 \text{ kgm}$

Effectverlust, welcher bei dem Eintritt des Wassers entsteht:

$$1000 \frac{Q}{2g} \left\{ \begin{array}{l} V^2 + v^2 - 2Vv \cos. \delta + \\ 2g \left[ \frac{1}{2} e \sin. \gamma + c \sin. (\gamma - \beta) - s \right] \end{array} \right\} = 0.133 E_a$$

Effectverlust, welcher bei dem Austritt des Wassers entsteht:

$$1000 Q \left\{ \frac{v^2}{2g} + \frac{1}{2} h \right\} . . . . . = 0.046 E_a$$

Effektverlust, welcher durch das Entweichen des Wassers entsteht :

$$1000 \varepsilon b \sqrt{2 g e} \left[ H - \frac{V^2}{2 g} \right] \left[ 0.43 + 0.26 \frac{Q}{abv} \right] . = 0.075 E_a$$

Effektverlust wegen des Luftwiderstandes :

$$0.118 i a b v^3 . . . . . = 0.007 E_a$$

Effektverlust wegen der Reibung des Wassers am Gerinne :

$$0.366 b S v^3 . . . . . = 0.004 E_a$$

Effektverlust wegen der Zapfenreibung

$$7.63 \frac{v}{R} f N_a \sqrt{N_a} . . . . . = 0.015 E_a$$

Summe der Effektverluste . . . . . 0.280 E\_a

$$\text{Nutzeffect des Rades} . . . . . \left\{ \begin{array}{l} E_n = 0.72 E_a \\ E_n = 2700^{km} \\ N_n = 36 \text{ Pfdkrft} \end{array} \right.$$

Wenn man die Dimensionen des Rades nach den Seite 104 entwickelten Regeln bestimmte, die für das Maximum des Nutzeffectes aufgefunden wurden, so würde man ein etwas günstigeres Resultat für den Effect erhalten.

Nimmt man an :

$$\begin{array}{l} \gamma = 71^\circ + 30', \quad R = 3, \quad e = 0.5, \quad \varepsilon = 0.02 \\ \frac{Q}{abv} = \frac{1}{2}, \quad Q = 1.5, \quad \beta = 75^\circ. \end{array}$$

so erhält man nach jenen Regeln für den vortheilhaftesten Effect folgende Constructionselemente :

Zuerst wird

$$k = \varepsilon \sqrt{2 g e} \left[ 0.43 + 0.26 \frac{Q}{abv} \right] \frac{2 g}{0.42} . . = 1.643$$

dann findet man den Werth von  $\delta$  aus der Gleichung :

$$\text{tang. } \delta = \frac{1}{2} \text{ tang. } \gamma . . . . \delta = 56^\circ + 11$$

ferner findet man aus der Gleichung

$$\frac{\sin. 2 \delta \cos. ^4(\gamma - \delta)}{\sin. (\gamma - \delta)} = 12 \text{ k g } \frac{H - \frac{V^2}{2g}}{V^3}, \dots V = 2.67$$

sodann

$$v = \frac{1}{2} V \cos. \delta \dots = 0.74$$

$$\frac{b}{Q} = \frac{2g}{0.42} \cdot \frac{1}{V^3 \cos. ^3(\gamma - \delta)} \dots = 2.735$$

$$b = 2.735 Q \dots = 4.1^m$$

$$a = \frac{2Q}{bv} \dots = 1^m$$

Zur Berechnung des Nutzeffektes dieses Rades hat man nun folgende Daten:

- $H = 2.5,$      $Q = 1.5,$      $v = 0.74,$      $V = 2.67$   
 $a = 1,$      $b = 4.1,$      $c = 0.2,$      $e = 0.5$   
 $\delta = 56^\circ + 11',$      $\gamma = 71^\circ + 30'$      $\beta = 75,$      $\epsilon = 0.02$   
 $t = 32,$      $h = 0,$      $s = 0.13.$      $f = 0.08$   
 $R = 3.$      $S = 3.5$  und man findet:

den Effektverlust, welcher bei dem Eintritt des Wassers entsteht. . . . .	= 0.111 $E_n$
Effektverlust bei dem Austritt . . . . .	= 0.011 $E_n$
Effektverlust durch das Entweichen des Wassers . . . . .	= 0.082 $E_n$
Effektverlust wegen des Luftwiderstandes . . . . .	= 0.002 $E_n$
Effektverlust wegen der Wasserreibung . . . . .	= 0.001 $E_n$
Effektverlust wegen der Zapfenreibung . . . . .	= 0.007 $E_n$
Summe der Effektverluste . . . . .	= 0.214 $E_n$
Nutzeffekt des Rades . . . . .	$\left\{ \begin{array}{l} E_n = 0.786 E_n \\ E_n = 2948^{kgm} \\ N_n = 39.3 \end{array} \right.$

Dieses breitere, tiefere, enger geschaufelte und langsamer gehende Rad würde also um 6.6 Procent mehr Nutzeffekt geben können, als das nach den empirischen Regeln berechnete vorhergehende Rad; diese wenigen Procente müsste man aber ziemlich theuer erkaufen, indem

das Rad wegen seiner kleinen Umfangsgeschwindigkeit in allen seinen Theilen sehr starke Querschnittsdimensionen erhalten müsste.

Die vortheilhafteste Breite des Rades ist gleich 4.1<sup>m</sup> gefunden worden; nach den empirischen Regeln ergab sich für die Breite des Rades 3.6<sup>m</sup>, der Unterschied ist nicht bedeutend. Einige Schriftsteller haben als Regel angegeben, dass die Dicke der Wasserschicht über dem Scheitel des Ueberfalles nicht mehr als höchstens 0.24<sup>m</sup> betragen solle; nach dieser Regel würde die Radbreite 7.1<sup>m</sup>, also nahe doppelt so gross, als nach der empirischen Regel. Dieses enorm breite Rad würde sehr kostspielig werden und könnte doch keinen günstigen Effekt geben, weil der Effektverlust, welcher durch das Entweichen des Wassers entstünde, 15 Procent betragen würde.

*Gewichtsbestimmung und Kostenberechnung des Rades.*

*Holz.*

Das Volumen aller aus Holz gefertigten Bestandtheile des Rades ist . . . . .	13.74 <sup>kbm</sup>
Die Oberfläche dieser Bestandtheile beträgt . . . . .	442.5 <sup>qm</sup>
Das Volumen der Holzconstruction des Gerinnes und der Theile der Zu- und Abflusskanäle, welche in der Zeichnung sichtbar sind, beträgt . . . . .	5.17 <sup>kbm</sup>
Die Oberfläche aller Theile dieser Construction ist . . . . .	140 <sup>qm</sup>

*Gusseisen.*

Der Zahnkranz . . . . .	1400 Klg.
Eine grössere Rosette . . . . .	667 "
Zwei kleinere Rosetten . . . . .	763 "
Zwei Ringzapfen . . . . .	1180 "
Drei Zapfenlager mit Lagerplatte . . . . .	378 "
Zwei Fassungen zu dem Schützen und zwei Zahnstangen . . . . .	92 "
Eine gusseiserne Leitfläche . . . . .	155 "
Zwei kleine Lager zum Aufzug . . . . .	43 "
Summe . . . . .	4678 Klg.

*Schmiedeeisen.*

Bänder zu den Schaufeln und zum Radboden . . . . .	415 Klg.
Schrauben zu den Schaufeln . . . . .	97 "
16 Stangen zum Zahnkranz . . . . .	384 "
Schrauben zum Zahnkranz . . . . .	84 "
Schrauben zur Befestigung der Arme mit den Rosetten . . . . .	43 "
8 Keile zum Aufkeilen der Rosetten . . . . .	55 "
Axe zum Aufzug . . . . .	26 "
Summe . . . . .	1104 Klg.

*Mauerwerk.*

Seitenmauern des Gerinnes . . . . .	56 <sup>kbm</sup>
Untermuerung des Gerinnes . . . . .	16 <sup>kbm</sup>
Volumen der Quadratlücke unter den Zapfenlagern . . . . .	4·8 <sup>kbm</sup>
Das totale Gewicht des Rades ohne Gerinne ist, wenn man	
1 <sup>kbm</sup> nasses Eichenholz zu 1000 Kllg. anschlägt . . . . .	18880 Klg.
Das Gewicht des Rades p Pferdekraft . . . . .	525 Klg.
Zur Kostenberechnung darf man folgende Preise annehmen:	
1 <sup>kbm</sup> Eichenholz . . . . .	fl. 20
Die Bearbeitung von 1 <sup>qm</sup> Holzfläche . . . . .	„ 1·5
100 Kllg. verarbeitetes Eisen . . . . .	„ 50
1 <sup>kbm</sup> Bruchsteinmauerwerk . . . . .	„ 3·7
1 <sup>kbm</sup> Quaderstein mit Behauen und Einmauern . . . . .	„ 37
Die Kosten des Rades sammt Schützenzug und Zapfenlager,	
aber ohne Gerinne und Mauerwerk sind nun . . . . .	„ 3830
Kosten p 1 Pferdekraft . . . . .	„ 106
Die Kosten des Gerinnes und des Mauerwerkes sind . . . . .	„ 756
Der ganze Bau kostet also . . . . .	„ 4586
und p 1 Pferdekraft . . . . .	„ 127

*Beschreibung der Details des Baues.*

## Tafel IV.

Fig. 1. Ansicht des Rades von der Seite des Zahnkranzes und Durchschnitt des Gerinnes.

Fig. 2. Vertikalquerschnitt des Rades und des Gerinnes.

Fig. 3. Horizontalschnitt des Gerinnes nach der Linie y z Fig. 1.

Fig. 4. Vertikalquerschnitt durch die Kammer vor dem Einlauf nach u v w x.

Fig. 5. Ventilation des Rades.

Die Gerinne bestehen aus einem mit Brettern verkleideten Balkenwerk, das theils auf dem Mauerwerk a Fig. 1 aufliegt, theils in die Seitenmauern b Fig. 3 eingemauert ist. c c c sind Balken, die auf dem Mauerwerk a aufliegen und mit ihren Enden in die Seitenmauern b hineinreichen. c<sub>1</sub> sind 4 in die Enden von c eingezapfte und in die Seitenmauern b eingemauerte Hölzer, die nach dem Mittelpunkte des Rades hin gerichtet sind und gegen welche die aus Brettern bestehenden Seitenwände des Radgerinnes mit Nägeln oder mit Holzschrauben befestiget werden.

$c_2, c_3$  in  $b$  eingemauerte und in  $c$  eingezapfte, schiefgestellte Hölzer, in welchen die Querbalken  $c_3, c_4$  Fig. 1 eingezapft sind, die, wie Fig. 3 zeigt, die Führung für den Schützen  $c_5$  bilden. Dieser Schützen besteht aus zwei dicken Brettern, die an den Seitenkanten mit gusseisernen Fassungen und an der oberen Kante mit der gegossenen Einlauffläche  $d$  versehen ist. Er wird durch das Wasser gegen den Querbalken  $c_4$  gedrückt, so dass kein Wasser zwischen  $c_4$  und  $c_5$  entweichen kann, und durch eine aus zwei Zahnstangen und zwei Getrieben bestehenden Mechanismus bewegt.  $e$  der Boden des Gerinnes liegt auf vier dem Umfange des Rades folgenden Hölzern  $e_1, e_2$ , welche in die Querschwellen  $c_3, c_4$  eingelegt sind. Diese Andeutungen dürften genügen, den Bau des Gerinnes zu verstehen, wenn man sich die Mühe gibt, die Zeichnungen aufmerksam zu verfolgen.

Die Seitenmauern bestehen im Allgemeinen aus Bruchsteinen, nur die Theile unter den Zapfenlagern sind aus Quaderstücken.

An dem Rade kommen folgende Hauptbestandtheile vor: 1) die drei Kränze  $f, f_1, f_2$ , von denen jeder aus zwei Schichten von Segmentstücken gebildet wird; 2) die Schaufelarme  $g$ , welche in die Kränze eingesetzt sind, und gegen welche die Radschaufeln mit Schrauben befestigt sind; 3)  $h, h_1, h_2$  drei Armsysteme, von denen das erstere für  $\frac{2}{3}$ , jedes der beiden anderen für  $\frac{1}{3}$  der ganzen Kraft des Rades berechnet ist; 4)  $i, i_1, i_2$  drei Rosetten zur Verbindung der Arme unter sich und mit der Welle. Die Rosette  $i$  hat, wie Fig. 1 zeigt, zwei Hülsensysteme, eins für die hölzernen Arme  $h$ , und ein anderes für die 16 schmiedeisernen Stangen  $k$ , welche den Zahnkranz in concentrischer Lage gegen die Radwelle erhalten; 5) der Zahnkranz  $k_1$ , bestehend aus 8 untereinander und mit dem Kranze  $f$  mittelst Schrauben verbundenen Segmenten; 6) die Welle  $l$ , deren Enden mit den Zapfenhülsen  $l_1, l_2$  versehen, und auf welche die Rosetten  $i$  und  $i_2$  aufgekeilt sind. Die Construction dieser Hauptbestandtheile des Rades enthalten die Tafeln V. und VI.

Fig. 5 zeigt den Eintritt des Wassers in das Rad und die Ventilation der Schaufelräume. Es sind nämlich in dem Boden des Rades bei  $m, m$  Spalten angebracht, deren Länge gleich ist der Distanz der Kränze  $f, f_1$  und  $f_1, f_2$ . Damit aber durch diese Spalten nur Luft und kein Wasser in den innern Raum des Rades entweichen kann, sind ferner noch die schiefgestellten Bretter  $m_1$  vorhanden, welche das etwa mit der Luft entweichende Wasser auffangen und in die Schaufelräume wiederum zurückleiten. Die Bretter  $m_1$  sind, wie man in Fig. 2 sieht, in die Kränze  $f, f_1, f_2$  eingelegt, und werden daselbst durch hölzerne Keilstücke festgehalten. Eine Ventilation der Schaufelräume ist bei grösseren Schaufelrädern und insbesondere bei etwas starker Füllung jederzeit

nothwendig, denn so wie einmal die nachfolgende von zwei Schaufeln, welche einen Schaufelraum bilden, die Oberfläche des Wasserstrahles berührt, ist dieser Raum von der äusseren Luft abgeschlossen; die eingeschlossene Luft wird also durch das später eintretende Wasser comprimirt, bis sie der Wassersäule von ungefähr  $0.4^m$ , welche der Tiefe der unteren Fläche des Strahles unter dem Spiegel des Wassers im Zuflusskanale entspricht, das Gleichgewicht hält. Ist dieser Moment eingetreten, so muss das Einströmen ganz aufhören, woraus man sieht, dass ein nicht ventilirtes Rad, es mag nun noch so geräumig gebaut sein, doch nur eine verhältnissmässig kleine Wassermenge aufzunehmen im Stande sein wird.

#### Tafel V.

enthält die wesentlicheren constructiven Details des Rades.

Fig. 1 zeigt die Form und die Verbindung aller Theile, welche am äusseren Umfang des Rades vorkommen.

Fig. 2 ist eine Ansicht, Fig. 3 zeigt die Verbindung der Segmentstücke, aus welchen der Kranz  $f$  zusammengesetzt ist.

Die Fig. 4, 5, 6 zeigen die Verbindung der Arme mit der Rosette, der mittleren Rosette mit der Welle und der äusseren Rosetten mit den Zapfenhülsen.

Fig. 7 zeigt einen von den 4 Ankern, mit welchen jede von den beiden Zapfenhülsen  $l_1$  zu ihrer Befestigung mit der Welle versehen ist.

Fig. 8 zeigt den Schnitt des Zahnkranzes mit einer auf die Axe und die Arme  $k$  senkrechten Ebene.

Um die Form und Verbindung dieser Theile genau kennen zu lernen, muss man nebst der Tafel V. auch der Tafel VI., welche den Einlauf und einen Quadranten des Rades enthält, einige Aufmerksamkeit schenken.

Jeder von den drei Radkränzen  $f, f_1, f_2$  besteht aus zwei Schichten von krummen Segmentstücken, die zur Aufnahme der Schaufelarme und der Radarme mit schwalbenschwanzförmigen Einschnitten  $n$  und  $n_1$ , Fig. 2 versehen sind.

Die inneren Enden der Schaufelarme so wie die äusseren Enden der Radarme haben eine ähnliche Form, und die Befestigung dieser Arme geschieht durch das Eintreiben hölzerner Keile, die auf Taf. VI. durch punktirte Linien angegeben sind. Die Verbindung der Segmentschichten unter einander geschieht durch Schraubenbolzen und eingelegte Blechstreifen, welche zu verhindern haben, dass die Muttern, wenn sie fest angezogen werden, sich nicht in das Holz eindrücken können. Jedes Segmentstück ist mit vier Schrauben versehen und bei  $f$ , Fig. 1 dienen

dieselben gleichzeitig zur Befestigung der Zahnkranzsegmente gegen den Radkranz f.

Die Verbindung der Zahnsegmente unter einander geschieht durch die Schrauben o o, Fig. 1, Tafel V. und Tafel VI., welche, wenn sie angezogen werden, die mit gehobelten Säumen versehenen Endflächen der Segmente gegen einander drücken.

Damit die Schrauben, welche die Zahnsegmente gegen den Kranz f anzuhalten haben, durch die aus der Wirkung des Wassers auf das Rad entspringende Kraft, welche den Zahnkranz gegen den Radkranz f zu verschieben sucht, nicht zu stark in Anspruch genommen werden, ist jedes Zahnsegment an der dem Radkranz zugekehrten Fläche mit zwei Nasen o<sub>1</sub>, Fig. 8 versehen, welche in das Holz des Kranzes f eingreifen, und die nach Art eines Mitnehmers wirken. Ich muss bei dieser Gelegenheit bemerken, dass man überhaupt den Grundsatz befolgen soll, die Verbindungen immer so einzurichten, dass Schraubenbolzen nie durch Kräfte forcirt werden können, deren Richtung mit jener von der Axe der Bolzen nicht übereinstimmen. Bei m<sub>2</sub>, Fig. 3 sieht man die Einschnitte für die erwähnten Nasen o<sub>1</sub>.

Um sowohl den Zahnkranz als auch das Rad in concentrischer Lage gegen die Axe des Rades zu erhalten, fasst jedes Zahnsegment mit 2 Lappen o<sub>2</sub>, Fig. 1 und 8, Tafel V, die äussere Umfangsfläche des Kranzes f; durch diese Lappen gehen die, innen in die Rosette i eingekerkerten, Armstangen k und werden aussen durch die Schraubenmuttern o<sub>2</sub> so gespannt, dass der Theilriss des Zahnkranzes einen mit der Axe des Rades concentrischen Kreis bildet.

Jede Radschaukel besteht aus zwei Brettern, von denen das innere radial, das äussere aber so gestellt ist, dass es beim Austritt aus dem Unterwasser eine radiale Stellung hat. Das innere grössere Brett ist mit zwei, das äussere kleinere Brett aber nur mit einer Schraube an den Arm geschraubt, (Tafel VI.), damit es in dem Falle, dass mit dem Wasser etwa ein Baumast in das Rad eintreten sollte, leichter als irgend ein anderer Theil des Rades von demselben weggebrochen werden kann; denn Etwas muss in diesem Falle brechen, daher ist es gut, wenn dafür gesorgt wird, dass der daraus entstehende Nachtheil leicht beseitigt werden kann. Den Schraubenmuttern sind schmiedeeiserne Bänder p unterlegt. Um die Bodenbretter gut zusammen zu halten, sind um die äusseren Umfänge des fassartigen Radbodens Reifeisen p<sub>1</sub>, Fig. 1, herumgezogen.

Die Rosetten, welche die Bestimmung haben, sämmtliche Arme zu fassen und sie mit der Welle zu verbinden, bestehen aus einem Ring, aus welchem zur Aufnahme der Radarme geeignete, durch Nerven verbundene Hülsen heraustreten. Die Rosette i ist, wie schon früher er-

wähnt wurde, mit 8 grossen Hülsen für die hölzernen Arme und mit 16 Hülsen für die Armstangen  $k$  versehen. Die beiden andern Rosetten  $i_1$  und  $i_2$  haben dagegen jede nur 8 grosse Hülsen. Die hölzernen Arme werden von den Hülsen vorzugsweise durch die an ihre Wände angegossenen Nasen  $p_1 p_1$ , Tafel VI. gefasst; so dass, dem oben erwähnten Grundsatz gemäss, die Schrauben  $p_2 p_2$ , Fig. 4, 5, 6, Tafel V, nie stark in Anspruch genommen werden können. Die Wände  $p_2$ , Taf. VI., zwischen den Hülsen befinden sich an der offenen Seite dieser letzteren; weil dadurch die Hülsenwände, an welchen die Nasen  $p_1 p_1$  angebracht sind, gut verstrebt werden. Die kleinen Hülsen  $p_3$ , Tafel VI., für die Armstangen  $k$  befinden sich an der geschlossenen Seite der grossen Hülsen, und die Grundfläche der ersteren wird durch die äussere Fläche der letzteren gebildet. Die Armstangen haben T-förmige Anker, deren Querschnitt nach der Richtung des Armes rautenförmig ist, wodurch sie beim Anspannen der Arme ein Bestreben haben, in die Hülsen hineinzugleiten. Die mittlere Rosette  $i$  wird mit hölzernen, abwechselnd von entgegengesetzter Seite eingetriebenen Keilen mit der Welle verbunden. Jede der äusseren Rosetten  $i_1$  und  $i_2$  wird mit vier eisernen Keilen auf eine der Zapfenhülsen  $l_1$  aufgekeilt, diese letzteren sind deshalb auf ihrer Oberfläche mit vier gehobelten Bahnen  $q q$  versehen.

Jede Zapfenhülse besteht aus einer äusseren cylindrischen Wand  $q_1$  und aus einem mittleren konischen, in den Zapfen übergehenden Kern  $q_2$ , der durch zwei sich rechtwinklig durchkreuzende, radial gestellte Wände mit dem äusseren Ring  $q_1$  verbunden ist. Die Enden der Welle sind natürlich nach der Form der inneren Theile der Zapfenhülsen ausgeschnitten, damit diese über der Welle fest aufgetrieben werden können. Zur Vorsicht wird aber noch jede Zapfenhülse durch vier schmiedeeiserne, in das Holz der Welle eingreifende Ankerhaken  $r$ , Fig. 7, gegen das Abschieben von der Welle geschützt; auch dienen diese Anker, um die Hülsen fest auf die Wellen anzuziehen.

### E. Tafel VII. bis XII.

#### Eisernes Schaufelrad mit Coulisseneinlauf.

##### Beschreibung in Allgemeinen.

Dieses Rad ist für ein Gefälle von 3<sup>m</sup> und für eine Wassermenge von 2 Kub. M. pr 1<sup>u</sup> berechnet und gezeichnet; der absolute Effekt der Wasserkraft ist demnach 80 Pferde und der Nutzeffekt beträgt, wenn man vorläufig 70 Procent in Rechnung bringt, 56 Pferdekraft.