

Badische Landesbibliothek Karlsruhe

Digitale Sammlung der Badischen Landesbibliothek Karlsruhe

Theorie und Bau der Wasserräder

Redtenbacher, Ferdinand

Mannheim, 1846

H. Tafel XX. XXI. XXII. Unterschlächtiges Schaufelrad mit Hebewerk

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

bracht sind, wird durch einen Mechanismus, bestehend aus Schrauben und Winkelrädern, von der Kurbel q aus auf und nieder bewegt. Dieser Mechanismus hat folgende Einrichtung. An dem Schützen o sind zwei Stangen $r r$ angehängt, an deren oberen Enden Schraubengewinde angeschnitten sind. Die konischen Rädchen $s s$ liegen mit ihren Hülsen auf Metallplättchen, die in den Querbalken eingelassen sind, und in diese Hülsen sind die Muttern für die Spindeln $r r$ eingeschnitten. Wenn nun an der Kurbel q gedreht wird, wird die Bewegung durch die Winkelräder $u u v v$ den Rädchen $s s$ mitgetheilt, und dadurch werden die Schraubenspindeln $r r$ mit dem daran hängenden Schützen auf oder nieder geschraubt.

H. Tafel XX. XXI. XXII.

Unterschlächtiges Schaufelrad mit Hebewerk.

Dieses Rad ist für eine Wassermenge von 5^{Kbm} p $1''$ und für ein Gefälle von 1^m construirt. Bei so bedeutenden Wassermassen kommen jederzeit beträchtliche Veränderungen im Wasserstande vor, es ist deshalb angenommen worden, der höchste Wasserstand sei um 0.8^m höher als der tiefste. Unter diesen Umständen kann nur dann von einer Ausführung eines Baues die Rede sein, wenn es gestattet wird, den oberen Wasserspiegel mittelst eines Schleussenbaues in dem gleichen Maasse zu stauen, in welchem der untere Wasserspiegel im Flusse steigt, so dass das nutzbare Gefälle unveränderlich auf 1^m erhalten werden kann; denn wenn der obere Wasserspiegel gar nicht oder nur wenig gestaut werden dürfte, würde bei Hochwasser nur eine sehr geringe Betriebskraft vorhanden sein, die mit den Kosten eines derartigen Baues in einem argen Missverhältnisse stünde. Es ist daher angenommen worden, dass mittelst eines Schleussenbaues der obere Wasserspiegel genau nach dem Wasserstand im Abflusskanal regulirt werden kann, so dass also das benutzbare Gefälle unveränderlich 1^m beträgt.

Bei 1^m Gefälle, 5^{Kbm} Wasserzufluss p $1''$ und 0.8^m Veränderung im Wasserstande, unterliegt es keinem Zweifel, dass man heut zu Tage kein Wasserrad, sondern lieber zwei Turbinen bauen würde; denn einerseits ist es unter diesen Umständen ganz unmöglich durch einen Radbau ungefähr eben so viel reine Betriebskraft zu erhalten, als durch einen Turbinenbau, und andererseits muss der erstere Bau kostspieliger

ausfallen als der letztere, weil das Rad, um bei jedem Wasserstand einen gleich guten Effekt geben zu können, nothwendig mit einem Hebewerk versehen werden muss, was mit beträchtlichen Unkosten verbunden ist.

Ich bin daher weit entfernt, einen Radbau nach den vorliegenden Zeichnungen unter den gegebenen Umständen zur Ausführung empfehlen zu wollen, glaube aber, dass diese Zeichnungen, wenn auch nicht für den Zweck der Praxis doch für jenen der Schule von Werth sein dürften. Denn 1) handelt es sich in dem vorliegenden Werk möglichst vollständig zu zeigen, was durch die Wasserräder unter allen Umständen geleistet werden kann. 2) Ist für den Anfänger im Maschinenbau die Konstruktion eines derartigen Rades mit Hebezeug sehr belehrend, und gibt zu den manigfaltigsten constructiven Uebungen die Veranlassung. 3) Kann eine gründliche Vergleichung zwischen den Wasserrädern und den Turbinen erst dann zu Stande kommen, wenn die Leistungen von beiden unter allen Umständen genau bekannt sind. Diese Gründe haben mich bewogen, den Bau dieses Rades mit Hebewerk durch ein Beispiel zu erläutern.

Bevor ich zur Beschreibung übergehe, will ich auch noch die Frage berühren, ob nicht in dem vorliegenden Falle ein Poncelet'sches Rad mit krummen Schaufeln mit Vortheil angewendet werden könnte?

Es unterliegt keinem Zweifel, dass mit krummen Schaufeln, wenn sie zweckmässig gekrümmt und in hinreichender Anzahl genommen würden, ein grösserer Nutzeffekt erhalten würde, als mit ebenflächigen Schaufeln; es ist aber auch gewiss, dass der Bau mit krummflächigen mehr als jener mit ebenflächigen Schaufeln kosten würde, denn das Hebewerk ist in dem einen und in dem anderen Falle nothwendig und die Hauptdimensionen des Rades, nämlich Breite und Halbmesser, fallen für beide Anwendungen ungefähr gleich gross aus, die Differenz der Kosten wird also durch die Form und Anzahl der Schaufeln bestimmt. Welche von den beiden Anordnungen den Vorzug verdiente, wenn es sich um eine Ausführung handelt, hängt nun davon ab, ob die Leistungen des Rades oder die Kosten des Baues mehr zu berücksichtigen sind. Ich habe mich für das letztere entschieden. Uebrigens sind die Schaufeln unter einem Winkel gegen den Radius gestellt und etwas gebrochen, wodurch sich die Construction einer mit krummflächigen Schaufeln nähert.

Beschreibung des Baues im Allgemeinen.

Das Rad ist bis auf die Schaufeln von Eisen. Das Hebewerk oder vielmehr die Hebwerke, denn es sind deren zwei dargestellt, sind ganz

von Eisen. Die Zu- und Abflusskanäle und das Radgerinne sind, bis auf kleinere Verbindungstheile, von Holz. Die Welle des Rades hat einen cylindrischen Kern und vier unter rechten Winkeln sich durchkreuzende, nach der Richtung der Axe bogenförmig gekrümmte Nerven. Auf die Welle sind drei Kegelkranzwerke aufgekeilt, von denen jedes aus einer Rosette, 8 Armen und aus 8 Kegelsegmenten besteht. Jede von den 24 Schaufeln ist an die drei Kegelkränze mit Schrauben befestigt. An eines der beiden äusseren Armwerke ist ein aus 8 Segmenten bestehender Zahnkranz angeschraubt, welcher die dem Rade mitgetheilte Kraft an die Kolbenwelle abgibt. Das Radgerinne besteht aus zwei bedielten, unter einander und mit dem Zuleitungskanale zusammengliederten Rahmwerken, das erstere derselben, welches zunächst die Fortsetzung des Zuflusskanals bildet, hat eine ebene Oberfläche, das letztere ist nach dem Umfange des Rades sattelförmig gekrümmt und mit 4 Stangen an das Hebwerk gehängt, so dass es seine Entfernung von der Axe des Rades nicht ändert, wenn dieses durch das Hebwerk gehoben oder niedergesenkt wird. Es folgt also das Gerinne dem Rade und wird mit diesem gleichzeitig und übereinstimmend bewegt. Zum Heben und Senken des Rades sind auf Tafel XXII. zweierlei Vorrichtungen angegeben. Die eine, welche auch in der Zusammenstellung auf Tafel XX. dargestellt ist, ist ein Hängwerk, die andere dagegen ist ein Stützwerk. Beide Anordnungen stimmen darin überein, dass sie aus Hebeln bestehen, die sich um die Kolbenwelle drehen und auf welchen die Radwelle mit ihren Zapfen aufliegt, unterscheiden sich aber in dem Mechanismus, durch welchen diese Hebel auf und nieder bewegt werden. Bei dem Hängwerk hängt nämlich jeder Hebel vermittelst einer Schraubenstange an einem gusseisernen Gestelle; bei dem Stützwerk dagegen wird jeder Hebel durch eine Schraubenspindel unterstützt. Unmittelbar vor dem Rade ist ein Regulirschützen angebracht, vermittelst welchem der Wasserzufluss verändert werden kann. Sie besteht aus einem mit Brettern belegten Rahmen, der vermittelst 8 schmiedeisernen Stangen an die Säulen der Einlassschleusse zurückgehängt ist und durch zwei Zahnstangen auf und niederbewegt werden kann. Die Getriebe, welche in die Zahnstangen eingreifen, befinden sich an einer nach dem Fabrikgebäude fortlaufenden Axe, von wo aus sie vermittelst einer in der Zeichnung nicht dargestellten Winde, die am einfachsten aus Wurm, Wurmrad und Kurbel bestehen kann, in Bewegung gebracht wird. In einiger Entfernung von dem Regulirschützen ist eine Einlassschleusse angebracht, die, wenn das Rad arbeitet, ganz aufgezogen wird, so dass das Wasser ungehindert bis zur Regulirfalle hinfließen kann, dagegen aber ganz niedergelassen wird, wenn das Rad abgestellt, d. h. ausser Gang kommen soll. Die ganze rechtwinkliche Oeffnung, durch welche das Wasser eintritt, ist durch 2

Zwischensäulen in drei gleich grosse Oeffnungen getheilt, und jede dieser Oeffnungen ist mit einem besonderen Schützen nebst dazu gehörigem Aufzuge versehen. Jeder von diesen Schützen läuft mit 6 Rollen an den aufrechten Säule des Schleussenbaues, ist mit einer Zahnstange versehen, und wird vermittelst eines aus Rädern, Sperrrad, Sperrhaken und Kurbel bestehenden Aufzuges auf und nieder bewegt.

Diese allgemeine Beschreibung des Baues ist vorläufig genügend, die detaillirte Beschreibung wird später folgen.

Berechnung der Hauptdimensionen des Baues.

Die Hauptdaten sind:

Gefälle $H = 1^m$
 Wasserzufluss p 1'' $Q = 5^{km}$

Angenommen wurde:

Halbmesser des Rades $R = 3^m$
 Umfangsgeschwindigkeit des Rades . . $v = 0.4 \sqrt{2gH} = 1.77^m$
 Verhältniss zwischen dem Nutzeffekt des Rades und dem
 absoluten Effekt der Wasserkraft $\frac{N_n}{N_a} = 0.35$
 Füllung des Rades $\frac{Q}{abv} = \frac{2}{3}$

Durch Rechnung findet man nun:

Absoluter Effekt der Wasserkraft in Pferdekraften à 75 Klgm.
 $N_a = \frac{1000QH}{75} = 66.67$

Nutzeffekt des Rades $N_n = 23.33$
 Verhältniss zwischen der Breite des Rades und der radialen

Dimension einer Schaufel $\frac{b}{a} = 1.75 \sqrt[3]{N_n} = 7.1$

Breite des Rades $b = \sqrt{\frac{3Q}{2v}} \cdot \frac{b}{a} = 5.48^m$

Radiale Dimension der Schaufeln $a = \frac{b}{7.1} = 0.77$

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

Schaufeltheilung $e = 0.2 + 0.7a = 0.739$

Anzahl der Radschaukeln $i = \frac{2R\pi}{e} = 24$

$$\begin{aligned} \text{Anzahl der Umdrehungen des Rades } p \text{ l}^m \cdot n &= 9 \cdot 548 \cdot \frac{v}{R} = 5 \cdot 63 \\ \text{Halbmesser des Zahnkranzes (angenommen)} &\dots \dots \dots R_1 = 2^m \\ \text{Halbmesser des Getriebes} &\dots \dots \dots r_1 = \frac{1}{4} R_1 = 0 \cdot 5 \\ \text{Anzahl der Umdrehungen des Getriebes} &\dots \dots \dots n_1 = 4 n = 22 \cdot 52 \\ \text{Geschwindigkeit am Umfang des Zahnkranzes} &= \frac{2}{3} v = 1 \cdot 18^m \\ \text{Druck am Umfang des Zahnkranzes} &\dots \dots \dots = \frac{75 N_n}{1 \cdot 18} = 1483 \end{aligned}$$

$$\text{Dimensionen der Zähne} \dots \dots \left\{ \begin{array}{l} z = 0 \cdot 086 \sqrt{1483} \dots = 3 \cdot 31 \\ z_1 = 6 z \dots \dots \dots = 19 \cdot 86 \\ z_2 = \frac{1}{4} z_1 \dots \dots \dots = 4 \cdot 96 \\ z_3 = 2 \cdot 1 z \dots \dots \dots = 6 \cdot 95 \\ \text{Anzahl} = \frac{2 R_1 \pi}{z_3} \dots \dots = 184 \end{array} \right.$$

Die mittleren cylindrischen Theile der Radwelle sind wie Transmissionswellen bestimmt worden, die $\frac{1}{3} N_n$ und $\frac{2}{3} N_n$ Pferdekraft mit $n = 5 \cdot 63$ Umdrehungen zu übertragen haben. Es sind demnach

$$\text{die Durchmesser der cylindrischen} \left\{ \begin{array}{l} 16 \sqrt[3]{\frac{23 \cdot 33}{3 \times 5 \cdot 63}} \dots = 18^{\text{cm}} \\ \text{Theile der Radwelle} \dots \dots \dots \\ 16 \sqrt[3]{\frac{2 \times 23 \cdot 33}{3 \times 5 \cdot 63}} \dots = 23^{\text{cm}} \end{array} \right.$$

Die Nerven, mit welchen die Radwelle versehen ist, geben diejenige Verstärkung, die hier nothwendig ist, damit die Welle das Gewicht des Rades zu tragen vermag. Die Berechnung dieser Nerven folgt weiter unten.

Das Armsystem, an welches der Zahnkranz angeschraubt ist, hat die Kraft $\frac{2}{3} N_n$ von der Rosette bis zum Zahnkranz heraus und die Kraft $\frac{1}{3} N_n$ von dem Kegelkranz bis zum Zahnkranz hinein zu übertragen. Die beiden anderen Armsysteme haben jedes eine Kraft $\frac{1}{3} N_n$ von den Kegelkranzen bis zur Welle hinein zu übertragen. Die Querschnittsdimensionen der Arme sind demnach nach Seite 198:

a) für die leichten Arme:

$$\begin{array}{l} \text{an der Axe} \dots \dots \left\{ \begin{array}{l} \text{Höhe} = 0 \cdot 86 \times 18 \dots \dots = 15 \cdot 48^{\text{cm}} \\ \text{Dicke} = \frac{1}{5} \times 15 \cdot 48 \dots \dots = 3 \cdot 10^{\text{cm}} \end{array} \right. \\ \text{am Kegelkranz} \dots \dots \left\{ \begin{array}{l} \text{Höhe} = \frac{3}{4} \times 15 \cdot 48 \dots \dots = 11 \cdot 61^{\text{cm}} \\ \text{Dicke} = \frac{3}{4} \times 3 \cdot 10 \dots \dots = 2 \cdot 32^{\text{cm}} \end{array} \right. \end{array}$$

b) für die starken Arme.

an der Axe, . . .	{	Höhe = 0.86×23	= 17.78 ^{cm}
		Dicke = $\frac{1}{5} \times 17.78$	= 3.56 „
am Zahnkranz . . .	{	Höhe = $\frac{3}{4} \cdot 17.78$	= 13.33 „
		Dicke = $\frac{3}{4} \cdot 3.56$	= 2.67 „
am Kegelkranze . . .	{	Höhe = { wie bei a }	= 11.61 „
		Dicke = { wie bei a }	= 2.32 „

Zur Bestimmung der Dimensionen der Nerven der Welle dienen die Figuren 63 und 70, von denen die eine die auf die Welle wirkenden Kräfte nebst ihren Angriffspunkten und die andere die Bezeichnungen für die Dimensionen des mittleren Querschnitts enthält. Die Pressungen sind aus der später folgenden Gewichtsberechnung entnommen. Die Pressungen 1100 bedeuten die Gewichte der zwei Wellenhälften in ihren Schwerpunkten wirkend.

Denkt man sich die rechte Hälfte der Welle eingemauert, so ist das in Kilg. und Centim. ausgedrückte Moment, welches den mittleren Querschnitt der Welle zu brechen sucht:

$$6400 \times 300 - 4411 \times 250 - 1100 \times 150 = 692250$$

man hat daher:

$$\frac{\mathfrak{R}}{6h} \left[0.589 D_1^4 + (h^3 - D_1^3) e + (h - D_1) e^3 \right] = 692250$$

wobei \mathfrak{R} den Coefficienten für respective Festigkeit bezeichnet. In dieser Gleichung kann nun D_1 , h und \mathfrak{R} angenommen werden und dann findet man aus ihr die Dicke der Nerve. Für D_1 muss offenbar der kleinere Durchmesser von den cylindrischen Theilen der Welle genommen werden. h kann man so wählen, dass die Welle ein geschmeidiges Ansehen erhält. Für \mathfrak{R} darf man den zehnten Theil des Werthes in Rechnung bringen, welcher dem Bruch entspricht.

Setzen wir also:

$$D_1 = 18^{\text{cm}}, h = 50^{\text{cm}}, \mathfrak{R} = \frac{3000}{10} = 300$$

so findet man, dass obiger Gleichung Genüge geleistet wird durch

$$e = 5.29^{\text{cm}}$$

Hiermit sind nun die mittleren Querschnittsdimensionen der Welle bestimmt.

Die Dimensionen der ausserhalb des Rades befindlichen Theile der Welle sind nun:

Durchmesser der Zapfen:

$$\text{auf der Zahnkranzseite} = 0.18 \sqrt{6400} \dots = 14.4$$

$$\text{auf der anderen Seite} = 0.18 \sqrt{4650} \dots = 12.2$$

Länge der Zapfen:

$$\text{auf der Zahnkranzseite} \dots = 19^{\text{cm}}$$

$$\text{auf der anderen Seite} \dots = 19^{\text{cm}}$$

Entfernung der Mittel der Zapfen von jenen der Rosetten:

$$\text{auf der Zahnkranzseite} \dots = 40$$

$$\text{auf der anderen Seite} \dots = 40$$

Durchmesser der Wellköpfe:

$$\text{auf der Zahnkranzseite} = 14.4 \sqrt[3]{\frac{40}{\frac{1}{2} 19}} \dots = 23.24$$

$$\text{auf der anderen Seite} = 12.2 \sqrt[3]{\frac{40}{\frac{1}{2} 19}} \dots = 20.00$$

In der Zeichnung sind die Wellköpfe etwas grösser, als hier die Rechnung gegeben hat, weil wegen der Keile, die zum Aufkeilen der Rosetten dienen, eine Verstärkung nothwendig wird. Diese nun berechneten Querschnittsdimensionen der Welle gewähren hinreichend sichere Anhaltspunkte zur vollständigen Verzeichnung derselben, und es sind nun überhaupt alle Hauptdimensionen des Rades bestimmt.

Die Berechnung der Querschnittsdimensionen der beiden Hebwerke und der Schützenzüge will ich übergangen, weil die Regeln zur Berechnung der Querschnittsdimensionen der Maschinenorgane überhaupt nicht hierher gehören.

$$\text{Der Durchmesser der Kolbenwelle ist } 16 \sqrt[3]{\frac{23.33}{22.52}} \dots = 17$$

Effektberechnung des Rades.

Die Wirkung des Wassers auf die Schaufeln erfolgt bei diesem Rade ungefähr, wie bei dem Poncelet-Rade. Es schlägt zunächst theilweise an die Schaufeln, gleitet dann mit der nach dem Schläge noch übrig bleibenden relativen Geschwindigkeit an den Schaufeln hinauf, und wirkt dabei fortwährend durch Druck. In der Höhe der Schaufeln angekommen, beginnt es wiederum an denselben herabzugleiten, kann aber, während diess geschieht, kaum mehr eine merkliche Wirkung hervorbringen, denn die Schaufeln haben in ihrer Austrittsposition fast eine vertikale Stellung. Die Hauptverluste an Effekt, welche bei diesem Rade vorkommen, sind also: 1) der Verlust, welcher bei dem partiellen Stoss beim Eintritt des Wassers stattfindet; 2) die Wirkungsfähigkeit, welche im Wasser enthalten ist, wenn es in seiner Aufwärtsbewegung den höchsten Punkt erreicht hat. Andere beachtenswerthe Verluste kommen nicht vor, denn die Schaufeln gehen fast nach vertikaler Richtung aus dem Unterwasser und ein merklicher Wasserverlust zwischen und unter den Schaufeln kann bei der vorhandenen Bauart des Radgerinnes nicht eintreten. Zwischen den Schaufeln kann kein Wasser entweichen; weil der sattelförmige Theil des Gerinnes dem Umfang des Rades auf zwei Schaufeltheilungen folgt. Unter dem Rade kann kein Wasserverlust stattfinden, weil der ebenflächige bewegliche Theil des Zuleitungsgerinnes das Wasser über den Spielraum weg in die Schaufelräume leitet.

Wenn wir uns auch hier wiederum der Bezeichnungen bedienen, welche bei dem Poncelet-Rade (Seite 136) gewählt worden sind, so erhalten wir:

Den Effektverlust, welcher beim Eintritt des Wassers entsteht:

$$1000 \frac{Q}{2g} [V \sin. (\beta - \delta) - v \sin. \beta]^2$$

Die relative Geschwindigkeit, mit welcher das Wasser nach dem Stosse an den Schaufeln hinaufzugleiten beginnt, ist:

$$V \cos. (\beta - \delta) - v \cos. \beta.$$

Die Höhe, bis zu welcher es emporsteigt, ist:

$$\frac{1}{2g} [V \cos. (\beta - \delta) - v \cos. \beta]^2$$

Die Wirkungsfähigkeit, welche im Wasser in dem Momente enthalten ist, wenn es im höchsten Punkte angekommen ist:

$$1000 Q \left\{ \frac{v^2}{2g} + \frac{1}{2g} [V \cos. (\beta - \delta) - v \cos. \beta]^2 \right\}$$

Der Nutzeffekt des Rades ist demnach:

$$E_n = 1000 QH - 1000 \frac{Q}{2g} [V \sin. (\beta - \delta) - v \sin. \beta]^2 \\ - 1000 \frac{Q}{2g} \left\{ v^2 + [V \cos. (\beta - \delta) - v \cos. \beta]^2 \right\}$$

Es ist aber, wenn das Rad durch das Hebwerk zweckmässig nach dem Wasserstand gestellt wird:

$$V = \sqrt{2gH}$$

und unter dieser Voraussetzung wird der Ausdruck für den Effekt:

$$E_n = 1000 \frac{Q}{g} v (V \cos. \delta - v)$$

Diese Formel stimmt aber mit derjenigen überein, welche unter der Voraussetzung gefunden wird, dass das Wasser senkrecht gegen die Schaufeln eines Rades stösst und nach dem Stosse mit der Geschwindigkeit v von dem Rade fortfließt, der Vortheil, den also diese schiefe Stellung der Schaufeln gewähren kann, reducirt sich auf die hier nicht in Rechnung gebrachte Wirkung, die das Wasser während seiner niedergehenden Bewegung noch hervorzubringen im Stande sein mag.

Setzen wir in dem letzten Ausdruck für den Effekt:

$$v = 0.4 V, \quad \delta = 14^\circ$$

so findet man:

$$E_n = 0.456 \times 1000 Q \frac{V^2}{2g} = 0.456 E_n$$

Dieses Resultat dürfte der Wahrheit sehr nahe kommen, denn ein merklicher Wasserverlust kann, wie schon gezeigt worden ist, nicht eintreten, und wenn auch etwas Wasser verloren geht, so wird der daraus entstehende Effektverlust wiederum durch die Wirkung ersetzt, welche das Wasser in seiner niedergehenden Bewegung hervorbringt. Wir dürfen uns also versprechen, dass das Rad 45 Procent Nutzeffekt hervorbringen könnte, ein Resultat, das für ein unterschlächtiges Rad günstig genannt werden kann. Wenn die Schaufeln noch mehr schief gestellt würden, als sie es in der Zeichnung sind, könnte allerdings das Wasser in seiner niedergehenden Bewegung besser wirken; allein durch eine zu schiefe Stellung der Schaufeln wird ihre senkrechte

Entfernung am inneren Umfange des Rades so eng, dass das Wasser in seiner Aufwärtsbewegung gegen die Rückseite der Schaufeln schlagen müsste, wodurch jener Vortheil wieder aufgehoben würde.

Dieser inneren Verengung der Schaufelkanäle kann man nur durch krumme Schaufeln entgehen und darin, und sonst in nichts anderem, liegt der Vortheil der letzteren, denn für die Wirkung des Wassers ist es ganz gleichgültig, wie die Schaufeln geformt werden.

Gewichts- und Kostenberechnung des Baues.

a. Das Rad.

	Gewicht in Kilogramm.
24 Schaufeln von Holz	530
3 Kegelkränze	2295
16 leichte Radarme	1840
8 schwere Radarme	1380
3 Rosetten	858
1 Welle	2200
1 Zahnkranz	1750
Schrauben und Beschläge	147
Totales Gewicht des Rades	11000

In der Voraussetzung, dass das Rad 45 Procent Nutzeffekt gibt, ist $N_n = 30$. Das Gewicht pr 1 Pferdekraft Nutzeffekt ist dann:

$$\frac{11000}{30} \dots \dots \dots = 366 \text{ Kilg.}$$

Wenn dagegen 35 Procent Nutzeffekt gerechnet werden, wie bei der Berechnung der Arme und Wellen geschehen ist, wird $N_n = 23.33$ und das Gewicht für 1 Pferdekraft Nutzeffekt wird sodann:

$$\frac{11000}{23.33} \dots \dots \dots = 471 \text{ Kilg.}$$

Das Rad selbst ist also nicht schwer.

b. Gewicht des Hängwerkes.

2 grosse Böcke, an welche das Rad angehängt ist, nebst den zwei grossen Lagerplatten	1636 Kilg.
1 Lagerbock für die Kolbenwelle und für den Hebel auf der Seite des Zahnkranzes	185 „
Latus	1821 Kilg.

	Transport .	1821 Kilg.
1 Stuhl für den Hebel auf der dem Zahnkranz gegenüber befindlichen Seite		190 "
Die zwei gegossenen Arme, welche die Radaxe in unveränderlicher Entfernung von der Axe der Kolbenwelle erhalten, nebst den gegossenen Ringen, in welche die Schalen der Radzapfen eingelegt sind		478 "
Die zwei grossen Schrauben, an welchen das Rad hängt .		94 "
Die zwei mit Zapfen und Axenhaltern versehenen Müttern		16 "
Die zwei Wurme		29 "
Die zwei Wurmräder		63 "
Die zwei Kurbeln		7 "
	Summe . .	2698 Kilg.

c. *Gewicht des Stützwerks.*

Die zwei Stühle, welche die Pfannen für die Stützschauben tragen		171 Kilg.
Die zwei mit Zapfen und Axenhaltern versehenen Pfannenträger		15 "
Zwei Wurmräder		63 "
Zwei Wurme		29 "
Zwei Kurbeln zu den Wurmaxen		7 "
Zwei Stützschauben		94 "
Zwei Hebel, auf welchen das Rad liegt, nebst den mit Zapfen versehenen Schraubenmüttern		1209 "
Ein Stuhl zur Kolbenwelle und für den Hebel auf der Zahnkranzseite		273 "
Ein Stuhl auf der andern Seite des Rades		180 "
	Summe . .	2155 "

d. *Gewicht der eisernen Theile, welche an dem Bau des Gerinnes, an dem Regulir-Schützen und an dem Einlass-Schützen vorkommen.*

Vier Stangen, mittelst welchen das Gerinne an das Hebewerk gehängt ist		61 Kilg.
Vier gegossene Anfasser, in welche jene Stangen unten eingehängt sind		40 "
	Latus . .	101 Kilg.

	Transport	101 Kilg.
Acht Charnier-Verbindungen zum gegliederten Gerinne		33 "
Sechs runde Parallelogrammstangen		121 "
Zwei flache Parallelogrammstangen		130 "
Acht Bolzen zur Befestigung dieser acht Stangen mit dem Regulirschützen		14 "
Acht Bolzen zur Befestigung der gleichen Stangen mit den Säulen der Einlass-Schleuse		21 "
	2 Zahnstangen	52 "
	2 Endlager	48 "
Zum Aufzug des Regulirschützen	1 Mittellager	11 "
	2 Getriebe	33 "
	1 Axe	93 "
	18 Rollen mit Lagern	312 "
	3 Zahnstangen	171 "
Zu den Aufzügen der Einlassschleuse	3 Aufzugwinden mit Rädern, Getrieben, Sperrwerk u. Kurbeln	585 "
	Summe	1725 Kilg.

Die ganze in der Zeichnung dargestellte Holzconstruction, mit Einchluss der Radschaufeln, hat:

Kubikinhalt	15 ^{kbm}
Oberfläche	447 ^{qm}

Die Gesamtkosten des Baues sind nun:

Eisenconstruction am

Rad (ohne Schaufeln)	= 10470 Kilg.
Hebwerk	= 2698 "
Schützen und Gerinne	= 1725 "
	<hr/>
	14893 Klg., 100 Kilg. à fl. 40, fl. 5960

Holzconstruction:

Volumen	15 ^{kbm} , 1 ^{kbm} à fl. 20	300
Zu bearbeitende Oberfläche	477 ^{qm} , 1 ^{qm} à fl. 1.5	716
	Summe	fl. 6976

Kosten p. 1 Pferdekraft:

wenn 35 Procent Nutzeffect gerechnet werden	fl. 300
wenn 45 Procent Nutzeffect gerechnet werden	fl. 233

Diese Baukosten sind nun zwar, wie vorauszusehen war, höher als bei den übrigen Rädern, sie stehen aber doch in keinem grossen Missverhältniss mit den Leistungen, welche man sich von dem Rade versprechen darf.

Beschreibung der Details des Baues.

Tafel XXI.

enthält die Details zu dem Rade, zum Regulirschützen und zur Einlassschleuse. Fig. 1 ist eine Ansicht, Fig. 2 und 3 sind Durchschnitte von einem Schaufelkranz-Segmente. Der Kranz *a* geht mitten durch die Schaufelarme und theilt diese in zwei Theile, die unter einem stumpfen Winkel zusammen treffen. An den Winkelpunkten stossen je zwei eine Schaufel bildende Bretter an einander und werden mit Schrauben theils gegen die Armnerve *a*, theils gegen die Lappen *a*₁ befestigt. Die Kegelkranzsegmente stossen stumpf aneinander und ihre wechselseitige Verbindung, so wie auch jene mit den Radarmen, geschieht durch runde Metallscheiben und Schraubenbolzen, von denen die ersteren zur Hälfte in die Enden der Kegelkränze und zur Hälfte in die Enden der Arme eingelegt sind. Diese Metallscheiben sind abgedreht und die Vertiefungen, in welche sie zu liegen kommen, ausgebohrt. Die Säume, welche die Vertiefungen umgeben, sind gehobelt.

Fig. 4 und 5 sind zwei Ansichten. Fig. 6 ist ein Querschnitt eines Zahnkranzsegmentes. Die Zähne des Zahnkranzes, so wie jene des Getriebes sind nach Evolventen gekrümmt. Die Vortheile, welche die Evolventenverzahnung überhaupt und insbesondere bei den Wasserrädern gewährt, sind sehr mannigfaltig. Die Nachweisung dieser Vortheile gehört aber nicht hierher. Die Zahnkranzsegmente stossen mit Endflantschen, die gehobelte Säume haben, aneinander und sind mit Schrauben zusammen geschraubt. Die Verbindung des Zahnkranzes mit den Armen geschieht ähnlich, wie jene der Kegelkränze mit den Armen, vermittelt eingelegter Metallscheiben und Schrauben.

Fig. 7 ist der mittlere Querschnitt der Radwelle, durch den schwächeren cylindrischen Kern.

Fig. 8 bis 13 stellen einen auf der Zahnkranzseite befindlichen Radarm dar. Fig. 14 und 15 dagegen einen Arm des mittleren Armsystems. Die Grundform jedes Armes hat einen T förmigen Querschnitt. Die mittlere Nerve ist an dem inneren Ende des Armes hufeisenförmig in zwei Nerven *c*₁ *c*₁ getheilt, die äussere Seite des Armes ist mit Saumnerven *c*₂ *c*₂ versehen. Jeder Arm von der Zahnkranzseite ist mit drei brillenförmigen Theilen versehen, von denen jeder durch gehobelte,

über die Ebene des Armes hervorragende Säume c_3 gebildet wird, welche die ausgedrehten und in der Mitte durchbohrten Vertiefungen c_4 umgeben. Die äussere, quer über die Arme gestellte Brille, welche Fig. 10 im Durchschnitte zeigt, dient zur Befestigung der Kegelkränze untereinander und mit dem Arme. Die mittlere in Fig. 11 im Querschnitt dargestellte Brille dient zur Befestigung des Zahnkranzes mit dem Radarme. Die innere nach der Richtung des Armes gestellte Brille dient zur Befestigung der Arme mit der Rosette. Diese Befestigungen geschehen durch abgedrehte und in der Mitte durchgebohrte Metallscheiben, die zur Hälfte in die Vertiefungen der Brillen und zur Hälfte in die an den Enden der Kegelkränze und Zahnkranzsegmente angebrachten ähnlichen Vertiefungen eingelegt werden, und durch Schraubenbolzen, welche durch die mittleren Durchbohrungen gesteckt und mit Muttern angezogen werden. Die Metallscheiben schützen gegen jede Verschiebung der Theile gegen einander, so dass die Bolzen nur die Theile zusammen zu halten haben. Die gehobelten Flächen c_5 Fig. 9 kommen überdiess noch zwischen Ansätze zu liegen, die an der Rosette angegossen sind, und je zwei aufeinander folgende Arme berühren sich an der Rosette mit den gehobelten Flächen c_6 Fig. 9. Diese etwas raffinierte Verbindung mit den Einlegscheiben macht allerdings viele Arbeit, sie ist aber auch äusserst exakt und solid. Die Fig. 8 bis incl. 15 zeigen, dass im Allgemeinen die Querschnitte nach aussen zu verjüngt sind. Diese Verjüngung ist bei den Armen Fig. 14 und 15 ganz stetig, bei dem Arme Fig. 9 dagegen bemerkt man an der mittleren Brille eine plötzliche Aenderung des Querschnitts, was daher kommt, weil die Kraft, welche der äussere Theil dieses Armes bis zur Brille einwärts zu übertragen hat, nur halb so gross ist, als diejenige, welche der innere Theil des Armes bis zur mittleren Brille hinaus übertragen muss.

Fig. 16 bis incl. 19 zeigen die Construction der Rosette. Die obere Hälfte der Fig. 16 ist ein Schnitt der Rosette auf der Zahnkranzseite nach einer Richtung, $\alpha\beta$, welche den Winkel der Richtungen zweier unmittelbar aufeinander folgender Arme halbirt. Die untere Hälfte von Fig. 16 ist ein Schnitt nach der Richtung eines Armes. Die untere Hälfte von Fig. 17 ist eine Ansicht von der Seite, an welche die Arme angelegt werden, die obere Hälfte ist eine Ansicht von der anderen Seite. Das Gleiche gilt auch in Bezug auf die Figuren 18 und 19, welche die mittlere Rosette des Rades darstellen. Die dritte Rosette stimmt der Form nach genau mit der ersteren überein, hat aber etwas kleinere Dimensionen als diese. Der Hauptkörper einer jeden Rosette wird durch eine Scheibe d und durch die cylindrische Hülse d_1 gebildet. Ueber diese Scheibe ragen die Bogenstücke d_2 und die brillenförmigen Säume d_3 .

hervor, erstere aber bedeutend mehr als letztere. Die Säume d_3 sind eben abgedreht und kommen mit den an den inneren Theilen der Arme befindlichen Säumen in Berührung. Die Vertiefungen d_4 , welche durch die Säume gebildet werden, sind ausgedreht und in der Mitte durchbohrt. Jede von den Seitenrosetten wird durch einen, die mittlere Rosette dagegen wird wegen der Querschnittsform der Welle mit vier Keilen aufgekeilt.

Fig. 20 und 21 zeigen das Getriebe, welches durch den Zahnkranz getrieben wird. Die Zähne sind nach Kreisevolventen gekrümmt, und die Umfangsnerve e ist in der Mitte zwischen je zwei Armen erhöht; im Uebrigen ist das Getriebe wie gewöhnlich gebildet.

Die Fig. 22 bis 26 incl. zeigen die Theile des Aufzugs für den Regulirschützen. Fig. 22 ist das Doppellager f , in welches die Axe f_1 und die Axe f_2 für die Leitrolle f_3 eingelegt ist, welche letztere die Zahnstange f_4 gegen die Zähne des Getriebes f_5 hinhält. Die Lager für die Aufzüge brauchen nicht mit Pfannen versehen zu werden, weil diese Aufzüge nur von Zeit zu Zeit bewegt werden, daher ein Ausreiben der Lager nicht eintreten kann.

In Fig. 27, 28, 29 sind die zwei Bolzen dargestellt, die eines von den Gelenken bilden, durch welche die beweglichen Theile des Gerinnes untereinander und mit dem unbeweglichen Theile zusammengliedert sind.

Fig. 30 bis 34 incl. zeigen einen von den drei Aufzügen der Einlass-Schleusse; g ist die Lagerplatte, welche mit zwei Schrauben auf dem oberen Querbalken der Schleusse befestigt wird; g_1 sind zwei an die Platte angegossene Schilde, in welchen sich die beiden Axen g_2 und g_3 des Aufzuges bewegen. Mit g_2 ist das Sperrad g_4 , das Getriebe g_5 und die Kurbel g_6 verbunden; mit der Axe g_3 das Getriebe g_7 und das Stirnrad g_8 . Um die von dem Getriebe g_7 bewegte Zahnstange g_9 in vertikaler Richtung und in gleicher Entfernung von der Axe g_3 zu erhalten, geht dieselbe durch ein in der Platte g angebrachtes Loch und berührt mit ihrer Verstärkungsnerve den von der Axe g_3 entfernteren Rand dieses Loches. Ein Sperrhaken g_{10} verhindert die rückgängige Bewegung der Winde.

Fig. 35, 36, 37 zeigen die Einrichtung von einer der 18 Laufrollen, mit welchen die drei Schützen der Einlass-Schleusse versehen sind. h ist das mit zwei Schrauben an den Schützen geschraubte Lager, welches die in Fig. 37 besonders abgebildeten Zapfen h_1 hält, auf welchen sich die Rolle h_2 dreht.

H. Tafel XXII.

Auf dieser Tafel sind zweierlei Anordnungen zum Heben und Senken des Rades und des daran gehängten gegliederten Gerinnes dargestellt.

Fig. 1 bis 8 incl. ist ein Hebwerk mit Stützschauben, in Fig. 9 bis 17 incl. ein Hebwerk mit Hängschauben.

Das Stützwerk hat folgende Einrichtung. Auf jeder Seite des Rades ist ein Hebel angebracht, welcher sich um eine Axe dreht, die mit jener der Kolbenwelle übereinstimmt. Diese Hebel werden durch starke Schraubenspindeln gestützt und tragen das Rad, indem es mit den Zapfen seiner Welle auf den Hebeln liegt. Von jedem dieser Hebel gehen zwei Stangen nach dem unter dem Rade befindlichen sattelförmigen Theile des Gerinnes. Die Hebel umgreifen mit ihren schnabelförmigen Enden die Zapfen, mit welchen die den Stützschauben entsprechenden Schraubennuttern versehen sind. Werden die beiden Schraubenspindeln gleichzeitig mittelst der zu diesem Zwecke vorhandenen Winden nach der einen oder der anderen Richtung gedreht, so gehen die Nuttern hinauf oder herab und die Hebel mit dem Rade und dem daran hängenden Gerinne folgen nach, ohne dass der Eingriff die Zähne des Zahnkranzes in das bei dieser Bewegung ruhig liegende Getriebe gestört wird.

Die Details dieser Anordnung sind folgendermassen beschaffen: Die Hebel, welche die Wasserradwelle tragen, haben von ihren Drehungsaxen an bis in die Nähe der Lager für die Wasserradwelle einen T förmigen Querschnitt. Von da an theilt sich aber die verticale Hauptnerve i Fig. 1, 2, 4, 5, 6 in zwei Nerven i_1 Fig. 1, 2, 3, 7, die aber oben durch eine horizontale, jedoch an zwei Stellen durchbrochene Nerve i_2 verbunden sind. Diese Hebel sind so berechnet und geformt, dass alle Querschnitte bis auf den zehnten Theil ihrer respectiven Festigkeit in Anspruch genommen sind. Der auf der Zahnkranzseite befindliche Hebel endiget mit einem innen zapfenlagerartig eingerichteten, aussen wiegenförmigen Theile i_3 , der mit seinen halbrunden Rändern in den eben so geformten Ausschnitten des Stuhles aufliegt und sich in denselben drehen kann. In diesem Lager, welches mit Pfannen und mit einem (zwar nicht unumgänglich nothwendigen) Deckel versehen ist, liegt die Kolbenwelle mit ihrem Halse. Wird der Hebel i auf und nieder bewegt, so erleidet die Kolbenwelle keine Verschiebung, weil die äussere Rundung des Hebels, mit welcher er im Stuhle aufliegt, mit der Axe der Kolbenwelle concentrisch ist. Der Stuhl k besteht aus einer Grundplatte und aus zwei durch eine Nerve vereinigte und verstreute vertikale Schilde mit den zur Lagerung des Hebels geeigneten Ausschnitten. Der Deckel

des Lagers wird mittelst zweier Schrauben gegen das Lager niedergeschraubt. Die Bolzen dieser Schrauben sind ankerförmig und in den Körper des Lagers eingelegt. Der Hebel auf der dem Zahnkranze gegenüber befindlichen Seite des Rades ist mit einer einfachen Drehungsaxe k_1 Fig. 6 versehen, die in einem aus zwei Schilden und aus einer Grundplatte bestehenden Stuhl k_2 aufliegt. Die geometrische Axe von k_1 stimmt mit jener der Kolbenwelle überein. Die Pfannen i_4 Fig. 1, 2, 7, 8, in welchen sich die Zapfen der Wasserradwelle drehen, liegen in halbkreisförmigen, in den Nerven i_1 angebrachten Ausschnitten und sind durch Ränder, welche die inneren Flächen der Nerven i_1 berühren, gegen jede Verschiebung nach der Richtung der Axe des Wasserrades geschützt. Ueber den Zapfen ist ein halbkreisförmiger, aussen cylindrischer innen vernervter Deckel gestürzt, welcher den Zapfen nicht berührt und die Bestimmung hat, das ringförmige Gussstück i_6 zu tragen. Die Saumnerven dieses Stückes bilden unten zwei doppelte Zapfenhalter, in welche die Stangen i_7 mittelst zweier Zapfen angehängt sind. Die Stangen i_7 sind, wie aus Fig. 1 Tafel XX. zu ersehen ist, zum Verlängern und zum Verkürzen eingerichtet, um den Spielraum zwischen den äusseren Schaufelkanten und dem Gerinnsattel genau reguliren zu können.

1 Fig. 1, 2, 3 ist eine mit zwei Zapfen versehene Schraubenmutter, welche in Verbindung mit der Spindel l_1 eine Art Krücke bildet, die den grossen Hebel unterstützt, indem dieser mit seinen schnabelförmigen Enden die beiden Zapfen der Mutter übergreift. Die Spindel l_1 steht mit ihrem unteren Zapfenende in einer Pfanne, die mit zwei Zapfen in einem Stuhl m liegt und mittelst zweier Arme die Axe einer Schraube ohne Ende l_3 hält, welche durch eine Handkurbel l_4 gedreht werden kann, wodurch das mit der Spindel l_1 befestigte Wurmrad l_5 , und mithin die Spindel l_1 selbst in drehende Bewegung versetzt wird. Die Wirkung von dieser Vorrichtung bedarf keiner Erklärung. In der höchsten und tiefsten Stellung des Hebels steht die Spindel l_1 vertikal, in der mittleren Stellung, welche in der Zeichnung dargestellt ist, steht sie schief. Die Stühle m und k_2 stehen hart am Rande der Seitenmauern des Rades, die bei dem Stuhle k höher sind, als bei dem Stuhle m . Da die radialen Kanten nur um den für die Ausführung nothwendigen Spielraum von 2^{cm} von den Seitenmauern entfernt sind, so mussten diese letzteren für das Spiel der Stangen i_7 , welche nothwendig ausserhalb des Rades sein müssen, ausgeschnitten sein.

Wenden wir uns nun zur Beschreibung des Hebwerkes mit Hängschrauben. Bei dieser Anordnung, welche auch in der Zusammenstellung Tafel XX. dargestellt ist, befindet sich auf jeder Seite des Rades ein gusseiserner Arm, durch welchen die Axe der Wasserradwelle in unveränderlicher Entfernung von der Axe der Kolbenwelle erhalten wird.

Diese Arme drehen sich um Axen, die mit jener der Kolbenwelle übereinstimmen. Die Wasserradwelle dreht sich mit ihren Zapfen in Pfannen, welche in die ringförmigen Enden der Arme eingelegt sind, und diese Enden sind vermittelst eines Gehänges und einer Schraube an zwei gusseiserne, pyramidale Stühle gehängt, können aber gehoben und gesenkt werden. Von jenen Gehängen gehen Stangen nach dem Gerinnsattel hinab.

Der auf der Seite des Zahnkranzes befindliche Arm n hat im Allgemeinen einen kreuzförmigen Querschnitt, endiget linker Hand, Fig. 9, mit einem Ring von T förmigem Querschnitt und rechter Hand, mit einem innen zapfenlagerartig eingerichteten, aussen wiegenförmigen Theil. Das Lager, in welchem sich die Kolbenwelle dreht, ist mit Schalen und mit einem Deckel versehen, welcher vermittelst zweier Schrauben, Fig. 15, nieder geschraubt wird. Die Ränder der Wiege sind concentrisch mit der Axe der Kolbenwelle, und liegen in entsprechenden bogenförmigen Ausschnitten des Stuhles o . In den Ring n_1 des Armes ist von jeder Seite ein genau einpassender Ring n_2 eingeschoben. Diese Ringe, welche durch die in sie eingelegte Pfanne n_3 für den Zapfen der Wasserradwelle zusammengehalten werden, hängen vermittelst des Zapfens p , Fig. 9, 11, 13 an der Schraubenspindel p_1 , und halten vermittelst zweier Zapfen die nach dem Gerinnsattel führenden Stangen p_2 . Ueber die Spindel ist eine Hülse p_3 geschoben, die vermittelst zweier Zapfen p_4 auf dem pyramidalen Stuhl q aufliegt und mit einem Axenhalter p_5 versehen ist, in welchem die Axe der Schraube ohne Ende r liegt, die mit ihren Gewinden in die Zähne des mit einer messingenen Schraubennutter r_1 ausgefüllten Rades r_2 eingreift. Die Mutter liegt mit ihrer unteren ringförmigen Fläche auf der Hülse p_3 , und die Axe der Schraube ist mit einer Kurbel r_3 versehen. Wird diese Kurbel nach der einen oder nach der anderen Richtung gedreht, so wird die Spindel p_1 mit allen daranhängenden Theilen in die Höhe geschraubt oder niedergelassen.

Die Einrichtung des Hebwerkes auf der dem Zahnkranz gegenüber befindlichen Seite des Rades weicht von der so eben beschriebenen nur darin ab, dass der Verbindungsarm rechter Hand mit einer ganz kurzen Drehungsaxe s , Fig. 16 und 17 versehen ist, die mit zwei Zapfen in einem Stuhl s_1 liegt. Die Stühle q o auf der einen, und die Stühle q s_1 auf der anderen Seite des Rades sind mit Schrauben gegen gusseiserne, am Rande der Seitenmauern liegende und mit drei starken Bolzen niedergeschraubte Platten t befestiget. Für die Hängstangen p_2 sind in den Seitenmauern Einschnitte u vorhanden, die eine ziemliche Breite haben müssen, weil die Stangen p_2 beim Heben und Senken ihre Richtung verändern.

Dieses Hebwerk mit den Hängschrauben ist etwas kostspieliger als jenes mit den Stützschauben, allein das erstere gewährt auch eine viel grössere Sicherheit als das letztere.

J. Tafel XXIII.

Zwei Poncelet - Räder.

Beschreibung.

Diese beiden Räder sind nach den Seite (151 u. 153) aufgestellten Regeln berechnet und verzeichnet. Um eine symetrische Anordnung der Figuren zu erhalten, sind die Wassermengen und die Gefälle so gewählt worden, dass beide Räder gleich grosse Halbmesser und Radbreiten erhalten haben.

Das eiserne Rad ist für ein Gefälle von $H = 1^m$ und für eine Wassermenge $Q = 1.11^{kbn}$ nach den Regeln Seite 151, das hölzerne für ein Gefälle $H = 0.875^m$ und eine Wassermenge $Q = 1.034^{kbn}$ nach den Regeln Seite 153 berechnet. Das eiserne Rad hat gusseiserne Seitengefäßer, Blehschaufeln, schmiedeeiserne Arme, gusseiserne Rosetten und Welle. Die Kraft wird durch die Welle fortgepflanzt. Das Gefäßer ist aus einzelnen Segmenten zusammengesetzt, und jedes derselben ist vermittelt 6 Einlegscheiben mit zwei unmittelbar auf einander folgenden Armen verbunden. An die Segmente sind an der inneren Ebene nach den Schaufeln gekrümmte Nerven angegossen, gegen welche die Schaufelbleche mit Schrauben befestiget werden. Die Schaufeln sind unter einander durch Spulen und Bolzen verbunden. Jeder Radarm ist mit zwei Einlegscheiben und mit zwei Bolzen an die Rosette geschraubt. Sie sind von Schmiedeeisen, weil sie von Gusseisen, um nicht gebrechlich zu sein, viel stärker hätten gemacht werden müssen, als für die zu übertragende Kraft nothwendig wäre. Der Theil der Welle zwischen den Rosetten ist für die Hälfte, die Fortsetzung der Welle für die ganze Kraft berechnet, welche dem Rade mitgetheilt wird. Das Zuleitungsgerinne wird durch zwei mit Brettern verkleidete Seitenmauern und durch einen Bretterboden gebildet. Vor dem Rade befindet sich eine schief gestellte Querwand mit einer Ausflussöffnung, welche durch einen beweglichen Schützen nach Erforderniss regulirt werden kann. Diese schiefe Querwand besteht aus zwei in die Seitenmauern eingemauerten Balken, die unten in eine Querschwelle eingezapft und oben durch zwei Querhölzer verbunden sind, in welche eine Bedielung eingelegt ist. Der Schützen ist auf einer Seite eben, auf der andern ge-