

# **Badische Landesbibliothek Karlsruhe**

**Digitale Sammlung der Badischen Landesbibliothek Karlsruhe**

## **Theorie und Bau der Wasserräder**

**Redtenbacher, Ferdinand**

**Mannheim, 1846**

C Tafel III. Zwei kleine überschlächtige Räder

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

Schaufeln und Radboten . . . . .	}	Volumen . . . . .	0.49 <sup>Kbm</sup>
		Gewicht . . . . .	490 Kilg.
		Oberfläche . . . . .	14 <sup>qm</sup>
Gerinnebau. . . . .	}	Volumen . . . . .	0.6 <sup>Kbm</sup>
		Oberfläche . . . . .	18 <sup>qm</sup>
Gewicht des Rades ohne Gerinne. . . . .			= 1655 Kilg.
Gewicht p 1 Pferdekraft Nutzeffekt . . . . .			= 626 „
Kosten des Rades . . . . .	}	ohne Gerinne . . . . .	= fl. 614
		mit Gerinne . . . . .	= „ 654
Kosten p 1 Pferdekraft Nutzeffekt . . . . .	}	ohne Gerinne . . . . .	= „ 232
		mit Gerinne . . . . .	= „ 248

### C Tafel III.

#### Zwei kleine überschlächtige Räder.

##### Beschreibung des eisernen Rades Fig. 1 und 2.

Die Bauart dieses Rädchens ist sehr einfach. Es besteht aus zwei mit Armen *a a* versehenen und mit einer Welle *b* verbundenen Radkronen *c c*, an welche die aus Eisenblech gefertigten Zellenwände mit Schrauben befestigt sind. An dem äusseren Umfang der Krone *c* ist ein Zahnkranz *d* angegossen, welcher die dem Rade mitgetheilte Wirkung dem Getriebe *e* übergibt. Zur Befestigung der Zellenbleche mit den Radkronen sind an diese, nach der Form der Zellen gekrümmte Nerven *f* angegossen, gegen welche die Zellenbleche mit mehreren Schrauben befestigt werden. Das Gerinne wird in der Nähe von dem Scheitel des Rades durch eine Stütze *g* von Eisen getragen. Der Schützen *h* gleitet zwischen zwei an die Seitenwände des Zuleitungskanals angeschraubte Leisten, und ist mit zwei Zahnstangen *i* versehen, in welche die mit der Axe *k* verbundenen Getriebe *ll* eingreifen. Das Ende von dem Boden des Zuleitungskanals wird durch eine Fläche aus Eisenblech gebildet, die das Wasser bis in die Nähe des Scheitels des Rades leitet.

*Berechnung der wesentlichen Dimensionen des Rades.*

Das Rad ist für folgende Annahmen berechnet.

Gefälle . . . . .	$H = 3^m$
Wasserzfluss p 1' . . . . .	$Q = 0.225^{Kbm}$
Umfangsgeschwindigkeit . . . . .	$v = 1.3^m$
Füllung . . . . .	$\frac{Q}{abv} = \frac{1}{3}$
Geschwindigkeit, mit welcher das Wasser am Scheitel eintritt . . . . .	$V = 2.6^m$

und man findet nun:

Halbmesser des Rades . . . . .	$R = \frac{1}{2} \left\{ H - \frac{V^2}{2g} \right\} = 1.33^m$
Absoluter Effekt der Wasserkraft . . . . .	$N_a = 9$
Nutzeffekt des Rades ungefähr . . . . .	$N_n = 7$
Verhältniss zwischen der Breite und Tiefe des Rades	

$$\frac{b}{a} = 2.25 \sqrt[3]{N_a} = 4.68^m$$

Breite des Rades . . . . .	$b = \sqrt{\frac{3Q}{v} \cdot \frac{b}{a}} = 1.56^m$
----------------------------	--

Tiefe des Rades . . . . .	$a = \frac{b}{4.68} = 0.33^m$
---------------------------	-------------------------------

Schaufeltheilung . . . . .	$e = 0.2 + 0.7 a = 0.43^m$
----------------------------	----------------------------

Anzahl der Schaufeln . . . . .	$i = \frac{2R\pi}{e} = 20$
--------------------------------	----------------------------

Anzahl der Radarme eines Armsystems .	$N = 2(1 + R) = 4.66$
---------------------------------------	-----------------------

Zur Verzeichnung wurden 6 Arme und 24 Schaufeln genommen.

Anzahl der Umdrehungen des Rades p 1' .	$n = 9.548 \frac{v}{R} = 9.33$
---	--------------------------------

Druck am Umfang des Rades . . . . .	$= \frac{75 N_a}{v} = 520$
-------------------------------------	----------------------------

(Es ist hier  $N_a$  statt  $N_n$  in Rechnung gebracht worden, damit die Zähne nicht gar zu fein ausfallen).

Dimension der Zähne des Zahnkranzes.	{	Dicke = $0.086 \sqrt{520}$ . . . . .	= $1.97^{cm}$
		Breite . . . . .	= $11.82^{cm}$
		Länge . . . . .	= $2.95^{cm}$
		Anzahl . . . . .	= 204

Durchmesser der Welle . . . . .	$d = 16 \sqrt[3]{\frac{1}{2} N_n} = 11.5^{cm}$
---------------------------------	--

Höhe eines Radarmes . . . . .  $0.941 d = 10.8^{\text{cm}}$   
 Dicke desselben ( $\frac{1}{5}$  von der Höhe) . . . . .  $= 2.16^{\text{cm}}$   
 Nach der später folgenden Gewichtsbestimmung des  
 Rades ist der Druck, welchen ein Zapfen der Welle aus-  
 zuhalten hat . . . . .  $= 1877$

Demnach ist der

Durchmesser eines Zapfens der Welle . . .  $= 0.18 \sqrt{1877} = 7.9^{\text{cm}}$   
 Die empirische Regel gibt . . . . .  $= 3 \sqrt{N_n} = 8^{\text{cm}}$   
 Mit diesen Dimensionen ist das Rad verzeichnet.

#### Berechnung des Nutzeffektes.

Zur Berechnung des Nutzeffektes hat man folgende Daten:

$$\begin{array}{llll} H = 2.5^{\text{m}}, & Q = 1.5, & v = 1.3, & V = 2.6 \\ a = 0.33^{\text{m}}, & b = 1.56^{\text{m}}, & e = 0.35^{\text{m}}, & \delta = 7^{\circ} \\ \gamma = 180 & t = 24, & h = 0 & R = 1.33^{\text{m}} \end{array}$$

In den Formeln, welche zur Berechnung der bei überschlächtigen Rädern vorkommenden Effektverluste aufgestellt wurden, gelten die Ausdrücke:

$$c \cos. (\gamma - \beta) - s$$

und

$$1000 Q 2 R \left[ 0.25 - 0.035 \frac{a b v}{Q} \right]$$

nur für Zellen mit ebenen Wänden, und können bei krummflächigen Zellen gar nicht gebraucht werden.

Der erste dieser Ausdrücke bedeutet die Tiefe, in welcher sich unmittelbar nach der Füllung der Schwerpunkt der Wassermasse unter der äusseren Kante der Zelle befindet, und diese Tiefe ist nach der Zeichnung  $0.38^{\text{m}}$ . Der zweite jener Ausdrücke ist der in Klgm. ausgedrückte Effektverlust, welcher durch die allmähliche Entleerung entsteht, und man findet nach dem Seite (73) angegebenen Verfahren, dass dieser Effektverlust in dem vorliegenden Falle  $52 \text{ Klgm.}$  beträgt. Dies berücksichtigend, so erhalten wir nun:

absoluter Effekt der Wasserkraft . . . . .  $E_n = 675^{km}$

Effektverlust, welcher bei dem Eintritt des Wassers entsteht

$$1000 \frac{Q}{2g} \left\{ V^2 + v^2 - 2Vv \cos. \delta + 2g \times 0.38 \right\} . = 0.183 E_n$$

Effektverlust, welcher durch das allmähliche Entleeren

$$\text{entsteht . . . . .} = 52 \times \frac{E_n}{675} = 0.077 E_n$$

Effektverlust bei dem Austritt wegen  $v$  und  $h$

$$1000 Q \left\{ \frac{v^2}{2g} + \frac{1}{2} h \right\} . . . . . = 0.028 E_n$$

Effektverlust wegen der Zapfenreibung

$$7.63 \frac{V}{R} f N_n \sqrt{N_n} . . . . . = 0.008 E_n$$

Summe der Effektverluste . . . . . 0.296 E\_n

Nutzeffekt des Rades . . . . .  $\left\{ \begin{array}{l} E_n = 0.704 E_n \\ E_n = 475^{km} \\ N_n = 6.3 \end{array} \right.$

Der Effektverlust, welcher bei dem Eintritt des Wassers entsteht, ist ziemlich gross. Wenn die Radbreite grösser, und die Tiefe so wie die Umfangsgeschwindigkeit kleiner angenommen worden wäre, würde allerdings dieser Effektverlust kleiner geworden sein, allein das Rad wäre dann bedeutend kostspieliger geworden, und mehr als ungefähr 5 Prozent hätte man dadurch doch nicht gewinnen können.

#### Gewichtsbestimmung und Kostenberechnung des Rades.

##### Gusseisen.

	Gewicht in Kilogramm.
Die zwei radförmigen Seitentheile des Rades . . . . .	1863
Die Welle . . . . .	177
Drei Zapfenlager sammt Lagerplatten . . . . .	60
Die Stütze, welche den Einlauf trägt . . . . .	176
Die Leitungen des Schützens, die Fassungen desselben, und die Zahnstangen . . . . .	39
Zwei Getriebe zum Schützenszug . . . . .	11
	<u>2326</u>

*Schmiedeeisen.*

	Gewicht in Kilogramm.
24 Schaufeln aus Blech . . . . .	1105
Die Axe des Schützenzuges . . . . .	18
12 $\times$ 24 = 288 Schrauben zur Befestigung der Schaufeln mit den Radkronen . . . . .	30
	1153
Gesammtgewicht des Rades ohne Lager und ohne die Theile, welche zum Einlauf gehören . . . . .	
	3175
Gewicht des Rades per Pferdekraft Nutzeffekt . . . . .	504
Gewicht der Eisenconstruktion des ganzen Baues . . . . .	3479
100 Killogram verarbeitetes Eisen zu . . . . . 50 fl. gerechnet, sind	
die Kosten der Eisenconstruktion des ganzen Baues . . . . .	1739 fl.
und	
die Kosten der Eisenconstruktion des ganzen Baues per 1 Pferdekraft Nutzeffekt . . . . .	276 fl.

*C Tafel III.***Beschreibung des hölzernen Rades.***Fig. 4 bis 7.*

Die Wasserkraft, für welche dieses Rädchen construiert ist, stimmt mit jener des vorhergehenden Rädchens überein, es ist aber für eine grosse Umfangsgeschwindigkeit berechnet, und bis auf kleinere Verbindungstheile ganz aus Holz gebaut.

Fig. 4 ist ein Vertikaldurchschnitt, Fig. 5 ein Horizontaldurchschnitt des Rades, Fig. 6, 7 sind zwei Ansichten eines Radarmes.

Der Zuleitungskanal a wird von der Mauer b der Radstube und von dem Querbalken c getragen, welcher durch zwei Säulen unterstützt ist. Auf dem Querbalken c sind zwei Hölzer d aufgestellt, welche durch zwei Balken f und f<sub>1</sub> verbunden sind. Die Seitenwände des Zuflusskanals und die Querwand e desselben sind in die Balken dff<sub>1</sub> eingelegt und angenagelt. Die unteren Bretter der Seitenwände und der Boden des Zuflusskanals sind bis an den Scheitel des Rades hin verlängert, Das

mit einer Zahnstange *g* versehene Schützenbrett *i* hat eine vertikale Stellung, ist aber nach der Seite des Zuflusskanales hin abgerundet, so dass dadurch eine trichterförmige Ausflussöffnung gebildet wird.

Die Seitentheile des Rades bestehen aus zwei Felgenschichten; in die inneren derselben sind die Zellenbretter und ist der Radboden eingesetzt, und das Ganze wird durch acht schmiedeeiserne Stängelchen *k* zusammengehalten. Die äusseren Zellenwände sind gekrümmt, was allerdings etwas kostspielig ist, aber den Vortheil gewährt, dass der Schluck überall eine gleiche Weite erhält. Auf jeder Seite des Rades sind vier durchlaufende, unter einander verbundene Arme *l* vorhanden. Sie liegen mit ihren äusseren Enden an den Felgenkränzen an und sind mit denselben durch die Stangen *k* und durch die Schrauben *m* verbunden. Da wo die Armsysteme mit der Welle verbunden sind, ist dieselbe viereckig, im übrigen aber rund. Die Befestigung der Arme mit der Welle geschieht durch Holzkeile *n*, die in den Spielraum zwischen den Vierecken der Welle und der Arme eingetrieben werden. Wegen dieser Aufkeilung sind die vier Arme einer jeden Seite des Rades in der Art unter einander verbunden, dass sich jeder derselben gegen zwei andere der Richtung nach auf ihn senkrechte Arme der ganzen Dicke nach anstemmt.

Die Fig. 5, 6 sind zwei Ansichten eines Armes, Fig. 4 zeigt ihre Verbindung. Die Welle ist mit Spitzzapfen *p* versehen, und um die Enden derselben sind schmiedeeiserne Reife angelegt. Das Rad hat keinen Zahnkranz; die Kraft wird durch die Welle fortgeschafft.

#### Berechnung der Hauptdimensionen des Rades.

Dieses Rädchen ist für die Annahmen:

Gefälle . . . . .		= 3 <sup>m</sup>
Wasserzufluss per 1'' . . . . .	<i>Q</i>	= 0.225 <sup>Kbm</sup>
Absoluter Effekt der Wasserkraft . . . . .	<i>N<sub>s</sub></i>	= 9
Umfangsgeschwindigkeit des Rades . . . . .	<i>v</i>	= 2 <sup>m</sup>
Geschwindigkeit des ankommenden Wassers . . . . .	<i>V</i>	= 4 <sup>m</sup>
Füllung . . . . .	$\frac{abv}{Q}$	= 3

berechnet. Mit diesen Angaben findet man:

$$\text{Halbmesser des Rades . . . . } R = \frac{1}{2} \left( H - \frac{V^2}{2g} \right) = 1.09^m$$

Verhältniss zwischen der Breite und Tiefe des Rades

$$\frac{b}{a} = 2.25 \sqrt[3]{N_s} = 4.68$$

Breite des Rades . . . . .	$b = \sqrt{\frac{3Q}{v} \cdot \frac{b}{a}} = 1.25^m$
Tiefe desselben . . . . .	$a = \frac{b}{4.68} = 0.27^m$
Zellenteilung . . . . .	$e = 0.2 + 0.7 a = 0.39^m$
Anzahl der Zellen . . . . .	$t = \frac{2R\pi}{e} = 18(\text{nahe})$
Anzahl der Umdrehungen des Rades per 1' n	$= 9.548 \frac{v}{R} = 17.5$
Wegen der schnellen Bewegung des Rades bilden die Oberflächen der Wassermassen in den Zellen concentrische Cylinderflächen, und die Entfernung der gemeinschaftlichen Axe derselben von der Axe des Rades beträgt nach der Seite (71) entwickelten Regel . . . . .	
Durchmesser des Zapfens nach der praktischen Formel . . . . .	$\frac{895}{n^2} = 2.91^m$ $3 \sqrt{N_n} = 8^m$

#### Berechnung des Nutzeffektes.

Zur Berechnung des Nutzeffektes hat man folgende Elemente:

$H = 3,$	$Q = 0.225,$	$v = 2$	$V = 4,$
$R = 1.09,$	$a = 0.27,$	$b = 1.25,$	$e = 0.4,$
$e = 0.39,$	$s = 0.03^m,$	$S = 0$	$h = 0$
$\gamma = 180^\circ$	$\beta = 30^\circ$	$\delta = 10^\circ$	$i = 18$

$f = 0.08$

und man findet:

Absoluter Effekt der Wasserkraft . . . . .  $E_a = 675$  Killg.  
Effektverlust, welcher bei dem Eintritt des Wassers entsteht:

$$\frac{1000 Q}{2g} \left\{ V^2 + v^2 + 2Vg \cos. \delta + 2g \left[ \frac{e}{2} \sin. \gamma + c \sin. (\gamma - \beta) - s \right] \right\} = 0.128 E_a$$

Effektverlust, welcher bei dem Austritt wegen h und v entsteht:

$$1000 Q \left\{ \frac{v^2}{2g} + \frac{1}{2} h \right\} . . . = 0.068 E_a$$

Effektverlust, welcher durch das allmähliche Entleeren der Zellen entsteht, nach der Seite (73) entwickelten Regel . . . . . = 0.167  $E_n$   
 Effektverlust wegen der Zapfenreibung:

$$7.63 \frac{v}{R} f N_n \sqrt{N_n} \dots = 0.030 E_n$$

Summe der Effektverluste . . . . . = 0.393  $E_n$

Nutzeffekt des Rades . . . . . }  $E_n = 0.607 E_n$   
 $E_n = 410 \text{ Klgm.}$   
 $N_n = 5.5$

### Kostenberechnung des Baues.

#### Das Rad.

Volumen der Holzkonstruktion . . . . . = 2.06  $\text{km}^3$   
 Oberfläche der Holzkonstruktion . . . . . = 90.6  $\text{m}^2$   
 Gewicht an Eisen . . . . . = 180 Klgm.

#### Das Gerinne.

Volumen der Holzkonstruktion . . . . . = 0.7  $\text{km}^3$   
 Oberfläche dieser Konstruktion . . . . . = 22  $\text{m}^2$   
 Gewicht an Eisen . . . . . = 11 Klgm.

Rechnet man:

1 Kubikmetre Eichenholz zu . . . . . 20 fl.  
 Die Bearbeitung von 1  $\text{m}^2$  Metre Oberfläche zu . . . . . 1.5 fl.  
 100 Killogramm verarbeitetes Eisen zu . . . . . 50 fl.

so kostet

das Rad ohne Gerinne . . . . . 231 fl.  
 das Gerinne . . . . . 53 fl.  
 der ganze Bau ohne Seitenmauern . . . . . 284 fl.

ferner kostet

jede Pferdekraft Nutzeffekt { des Rades ohne Gerinne . . . 42 fl.  
 { des Rades mit Gerinne . . . 54 fl.  
 was bei gutem Material und sorgfältiger Ausführung nicht viel ist.