Aufgaben
aus der
Bergmaschinenlehre
gelöst
im
bergacademischen Lehrjahre
18 $\frac{48}{49}$.

Theodor Leonhardi.

Aufgabe 1.

Man soll die Dimensionen von dem Querprofile eines Grabens angeben, der bei einem Gefälle von 3 Fuß auf eine Länge von 16000 Fuß pro min. 1800 C. Fß Wasser fortführen und dabei eine Uferböschung von 40° erhalten soll.

Figur ?

Auflösung.

Da das Wasserquantum und Gefälle gegeben und das Querprofil zu bestimmen ist, so setze man den Quotient aus dem Umfange des Wasserprofils und dem Inhalte des ganzen Querprofils: $\frac{p}{F} = \frac{m}{\sqrt{F}}$, wo m, da der Böschungswinkel 40° beträgt $= 2,771$ ist; daher erhält man für:

$$F = 0,0271\left(\frac{m\,l\,Q^2}{h}\right)^{\frac{2}{5}} \text{ annähernd}$$

$$= 0,0271\left(\frac{2,771 .\ 16000 .\ 900}{3}\right)^{\frac{2}{5}}$$

$$= 0,0271\,(13300800)^{\frac{2}{5}} = 0,0271 .\ 707,2145 =$$

$$F = 19,165 \ \square\text{ Fß.}$$

Hieraus folgt nun annähernd für die Geschwindigkeit: $c = \frac{Q}{F} = \frac{30}{19,165} = 1,565$ Fß.

Hiernach ist der Coefficient des Reibungswiderstandes $\zeta = 0,007409\left(1 + \frac{0,1865}{1,565}\right)$

$$= 0,007409 .\ 1,119169$$

$$= 0,008292 \text{ und daher}$$

$$F = \left(\zeta .\ \frac{m\,l\,Q^2}{2gh}\right)^{\frac{2}{5}}$$

$$= \left(0,008292 .\ \frac{2,771 .\ 16000 .\ 900}{62,5 .\ 3}\right)^{\frac{2}{5}}$$

$$= \left(0,008292 .\ \frac{13300800}{62,5}\right)^{\frac{2}{5}}$$

$$= (0,008292 .\ 212813)^{\frac{2}{5}} = (1764,645)^{\frac{2}{5}}$$

$$F = 19,891 \ \square\text{ Fß.}$$

Es ist daher zu setzen, für
die Tiefe $a = 0,722\sqrt{F} = 0,722 .\sqrt{19,891} = 3,21$ Fß
die untere Breite $b_1 = 0,525\sqrt{F} = 0,525 .\ 4,46 = 2,34$ Fß.
die obere Breite $b = 2,246\sqrt{F} = 2,246 .\ 4,46 = 10,02$ Fß.

Aufgabe 2.

Man soll für den letzten Graben eine Wasserstandsscala, welche Wassermengen von 1200 bis 1800 C. Fß. anzeigen soll, construiren.

Auflösung.

Hier hat man sich zunächst für die mittlere Wassermenge, d. i. 1500 C. Fß. die Dimensionen von dem Querprofile des Grabens zu berechnen. pro sec. giebt der Graben $\frac{1500}{60} = 25$ C. Fß Wasser, daher erhält man für F annähernd:

$$F = 0{,}0271\left(\frac{2{,}771 \cdot 16000 \cdot 626}{3}\right)^{\frac{2}{5}}$$
$$= 0{,}0271\,(9236666{,}7)^{\frac{2}{5}} = 0{,}0271 \cdot 611{,}232$$
$$= 16{,}564 \;\square\,\text{Fß.}$$

daher $c = \frac{25}{16{,}564} = 1{,}509$ Fß.

Hiernach ist $\zeta = 0{,}007409\left(1 + \frac{0{,}1865}{1{,}509}\right)$
$$= 0{,}007409 \cdot 1{,}123592$$
$$= 0{,}008325$$

daher $F = \left(0{,}008325 \cdot \frac{9236666{,}7}{62{,}5}\right)^{\frac{2}{5}}$
$$= (0{,}008325 \cdot 147786{,}7)^{\frac{2}{5}} = (1230{,}324)^{\frac{2}{5}}$$
$$= 19{,}502 \;\square\,\text{Fß.}$$

Man erhält daher für

die Tiefe $a = 0{,}722\sqrt{F} = 0{,}722 \cdot 4{,}416 = 3{,}19$ Fß.

untere Breite $b_1 = 0{,}525\sqrt{F} = 0{,}525 \cdot 4{,}416 = 2{,}32$ Fß.

obere Breite $b = 2{,}246\sqrt{F} = 2{,}246 \cdot 4{,}416 = 9{,}92$ Fß.

Mit Hülfe der Formel:

$\frac{Q_1 - Q}{Q} = (a_1 - a)\left(\frac{3b}{2F} - \frac{1}{p.\sin.\delta}\right)$ läßt sich eine Wasserstandsscala für den Graben berechnen, wo a = die anfängliche Tiefe, a_1 = die spätere Tiefe, p = der Umfang des Wasserprofils und δ den Böschungswinkel der Ufer ist.

$b = 9{,}92$ Fß; $b_1 = 2{,}32$ Fß; $a = 3{,}19$ Fß.

$F = 19{,}502 \;\square$ Fß. und $p = b_1 + \frac{2a}{\sin\delta}$
$$= 2{,}32 + \frac{2 \cdot 3{,}19}{0{,}643}$$
$$= 12{,}24, \text{ daher}$$

$$\frac{Q_1 - Q}{Q} = \left(\frac{3 \cdot 9{,}92}{2 \cdot 19{,}502} - \frac{1}{12{,}24 - 0{,}643}\right)(a_1 - a)$$
$$= (0{,}762 - 0{,}127)(a_1 - a)$$
$$= 0{,}635\,(a_1 - a).$$

Da das dem mittleren Wasserstande entsprechende Wasserquantum $Q = 1500$ Cubikfß. beträgt, so hat man:

$$Q_1 = 1500 + 1500 \cdot 0{,}635\,(a_1 - a)$$
$$= 1500 + \frac{a_1 - a}{0{,}00105}$$

Ist $a_1 - a = 0{,}00105$ Fß $= 0{,}151$ Linien, so folgt $Q_1 = 1501$ Cbkf.

" $a_1 - a = 0{,}0021$ Fß $= 0{,}302$ " " " $Q_1 = 1502$ "

" $a_1 - a = 0{,}00315$ " $= 0{,}453$ " " " $Q_1 = 1503$ "

" $a_1 - a = 0{,}0105$ " $= 1{,}51$ " " " $Q_1 = 1510$ "

" $a_1 - a = 0{,}021$ " $= 3{,}02$ " " " $Q_1 = 1520$ "

" $a_1 - a = 0{,}105$ " $= 15{,}1$ " " " $Q_1 = 1600$ "

" $a_1 - a = 0{,}21$ " $= 30{,}2$ " " " $Q_1 = 1700$ "

" $a_1 - a = 0{,}315$ " $= 45{,}3$ " " " $Q_1 = 1800$ "

" $a_1 - a = -0{,}00105$ Fß $= -0{,}151$ " " " $Q_1 = 1499$ "

" $a_1 - a = -0{,}0105$ " $= -1{,}51$ " " " $Q_1 = 1490$

" $a_1 - a = -0{,}021$ " $= -3{,}02$ " " " $Q_1 = 1480$

" $a_1 - a = -0{,}21$ " $= -30{,}2$ " " " $Q_1 = 1300$

" $a_1 - a = -0{,}315$ " $= -45{,}3$ " " " $Q_1 = 1200$.

Es giebt also eine Skala, deren Intervalle = = 0,151 Linien betragen, die Wassermenge bis auf einen Cbkfuß genau an.

Aufgabe 3.

Um das Wasserquantum zu finden, welches durch ein Gerinne fortgeführt wird, hat man zuerst das Wasser durch ein eingesetztes Brett ganz abgesperrt und bis zu einer gewissen Höhe aufgestaut, nachher dasselbe um eine gewisse Höhe gezogen und nun von Zeit zu Zeit den sinkenden Wasserstand beobachtet, endlich aber das Brett wieder niedergelassen und die Zeit beobachtet, in welcher es auf die erste Höhe gestiegen ist.

Die Zahlenergebnisse waren folgende:

Anfangsstand des Wasserspiegels unter Null	= 6,4 Zoll
nach 15 Sec.	= 7,9 "
" 30 "	= 9,5 "
" 45 "	= 11,1 "
" 60 "	= 13,0 "
" 75 "	= 14,5
" 90 "	= 15,9

Auflösung.

Für die mittlere Ausflußgeschwindigkeit erhält man zunächst

$$v = \frac{\sqrt{2g}}{24}\left(\sqrt{h_0} + 4\sqrt{h_1} + 2\sqrt{h_2} + 4\sqrt{h_3} + 2\sqrt{h_4} + 4\sqrt{h_5} + 2\sqrt{h_6} + 4\sqrt{h_7} + \sqrt{h_8}\right),$$

wo h_0, h_1, h_2, h_3 u. s. w. die gemessenen Druckhöhen bezeichnen.

$$v = \frac{\sqrt{2 . 31{,}25}}{24}\left(\sqrt{\frac{30{,}1-6{,}4}{12}} + 4\sqrt{\frac{30{,}1-7{,}9}{12}} + 2\sqrt{\frac{30{,}1-9{,}5}{12}} + 4\sqrt{\frac{30{,}1-11{,}1}{12}} + 2\sqrt{\frac{30{,}1-13{,}0}{12}} + 4\sqrt{\frac{30{,}1-14{,}5}{12}} + 2\sqrt{\frac{30{,}1-15{,}9}{12}} + 4\sqrt{\frac{30{,}1-17{,}3}{12}} + \sqrt{\frac{30{,}1-18{,}8}{12}}\right)$$

$$v = \frac{7{,}906}{24}\left(\sqrt{1{,}98} + 4\sqrt{1{,}85} + 2\sqrt{1{,}72} + 4\sqrt{1{,}58} + 2\sqrt{1{,}43} + 4\sqrt{1{,}3} + 2\sqrt{1{,}18} + 4\sqrt{1{,}07} + \sqrt{0{,}94}\right.$$

$$v = 0{,}3294(1{,}407 + 5{,}436 + 2{,}622 + 5{,}028 + 2{,}398 + 4{,}552 + 2{,}168 + 4{,}132 + 0{,}969)$$

$$v = 0{,}3294 . 28{,}712 = 9{,}458 \text{ Fß}.$$

Der Inhalt der Schutzöffnung ist ferner:

$F = 4{,}208 . \frac{1}{2}$ □Fß. $= 2{,}104$ □Fß; daher folgt die theoretische Ausflußmenge:

nach 105 Sec. ——— stieg 17,3 Zoll
" 120 " ——— 18,8 "
die Grundsohle stand unter Null ——— 30,1 "
die Grubenweite betrug ——— 50,5 "
die Mündungshöhe, oder der Schützenzug — 6,0 "
die Zeit des Steigens, während des Absperrens — 78''.

Aufgabe 4.

Man soll die Hauptdimensionen und statischen Verhältnisse einer steinernen Brücke von 150 Fuß Spannweite und 10 Fuß Bogenhöhe angeben.

$= 9{,}458 \cdot 2{,}104 = 19{,}8996$ Cbfß.

Nimmt man den Ausflußcoëfficienten $= 0{,}61$, so erhält man endlich das gesuchte Wasserquantum:

$$Q = \frac{0{,}61 \cdot 120}{120 + 78} \cdot 19{,}9 \text{ Cbfß.}$$

$$= \frac{73{,}20}{198} \cdot 19{,}9 = 0{,}37 \cdot 19{,}9$$

$$Q = \underline{7{,}363 \text{ Cbfß.}}$$

Auflösung.

Aus der halben Weite $y = 75$ Fuß des Gewölbes, und aus der Höhe $MA = x = 10$ Fuß desselben folgt für den halben Centriwinkel $BKM = \varphi$:

$$tg \cdot \frac{\varphi}{2} = \frac{x}{y} = \frac{10}{75} = 0{,}13333$$

$$\frac{\varphi}{2} = 7^\circ 35' 40{,}''7, \text{ daher } \varphi = 15^\circ 11' 21{,}''4,$$

und der Halbmesser des Gewölbes:

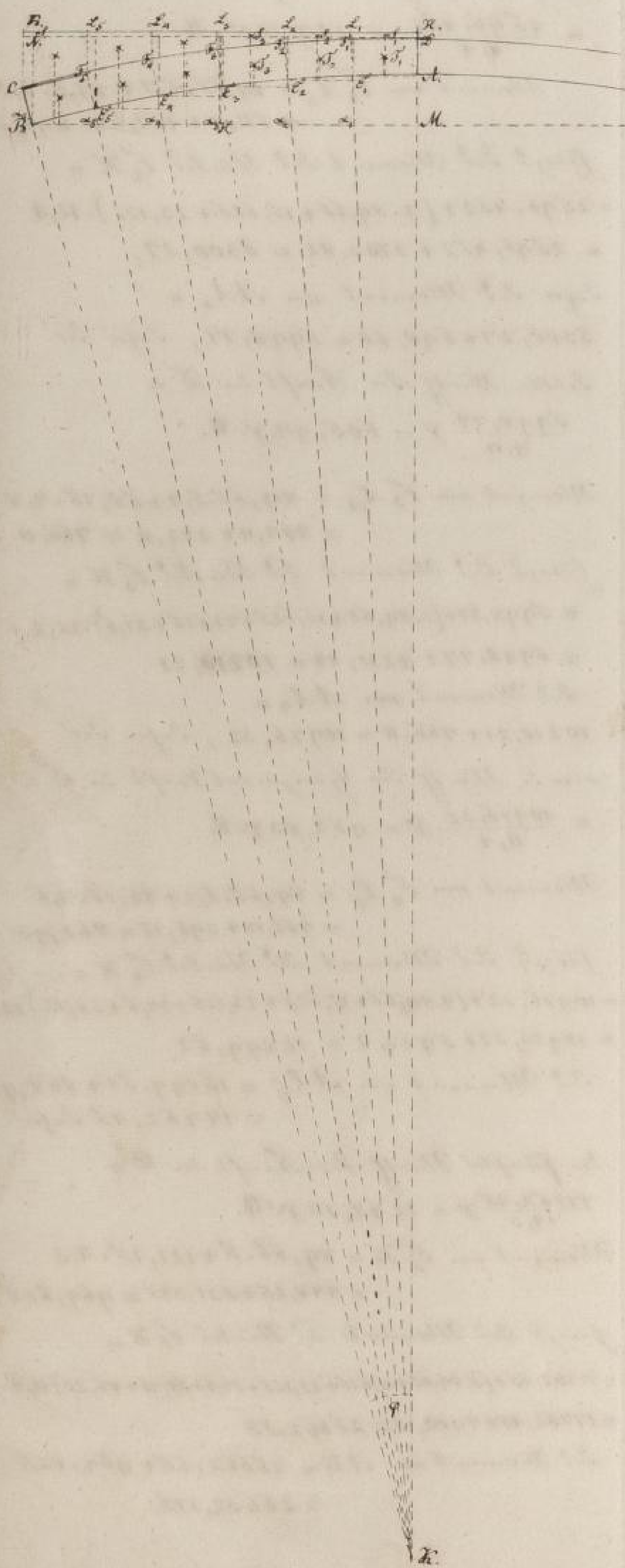
$$r = \frac{y}{\sin\varphi} = \frac{75}{0{,}262} = 286{,}26 \text{ Fuß;}$$

unmittelbar ist $r = \frac{x^2 + y^2}{2x} = \frac{100 + 5625}{20}$
$= 286{,}26$ Fuß.

Die Untersuchung über die Stabilität eines Gewölbes ist nun auf folgende Weise zu führen. Zunächst theilt man das Gewölbe durch Linien E_1F_1, E_2F_2, E_3F_3 u. s. w. in den Richtungen der Gewölbfugen, in mehrere (hier in 6) Theile und bestimmt man die Inhalte und Schwerpunkte F_1 F_2 F_3 u. s. w. dieser Theile, so wie auch die Inhalte und Schwerpunkte S_1 S_2 S_3 u. s. w. der darüber liegenden Theile F_1H, F_2L, F_3L_2 u. s. w.

Nimmt man nun die Gewölbstärke = 7 Fuß an, so erhält man für den Inhalt der einzelnen Gewölbstücke, nach der Formel:

$V = \frac{\alpha(r_1^2 - r_2^2)}{2}$, wo α der Centriwinkel eines Gewölbstückes $= \frac{15^\circ 11' 21{,}''4}{6} = 2^\circ 31' 53{,}''6$ ist.



Es ist demnach $V = \frac{2^\circ 31' 53,''6 \, (293,26^2 - 286,26^2)}{2}$

$= \frac{0,0442 \cdot (86001,42 - 81944,8)}{2}$

$= \frac{0,0442 \cdot 4056,62}{2} = 89,6513$ □ Fß.

Die Inhalte der darüber liegenden Theile sind:

$F_1 H_1 = \left(\frac{1 + 1,5}{2}\right) 12,5 = 15,625$ □ Fß.

$F_2 L_1 = \left(\frac{1,5 + 2,2}{2}\right) 12,5 = 23,125$ " "

$F_3 L_2 = \left(\frac{2,2 + 3,8}{2}\right) 12,5 = 37,5$ " "

$F_4 L_3 = \left(\frac{3,8 + 5,6}{2}\right) 12,5 = 58,75$ " "

$F_5 L_4 = \left(\frac{5,6 + 8,2}{2}\right) 12,5 = 86,25$ " "

$C L_5 = \left(\frac{8,2 + 11,2}{2}\right) 12,5 = 121,25$ " "

Hebelarme der Gewölbstücke in Hinsicht auf $E'_1\, E'_2\, E'_3$ u.s.w.	Hebelarme der darüber liegenden Stücke.
1stes Stück — 6,2	1). 5,4
2tes " — 5,8	2). 5,2
3tes " — 5,7	3). 5,0
4tes " — 5,4	4). 4,8
5tes " — 5,2	5). 4,6.
6tes " — 5,0	6). 4,3.

Die Hebelarme der Horizontalkraft in D', oder der Abstand des Punktes E'_1 von $D'N = 7,6$

" " " " E'_2 " " $= 8,4$

" " " " E'_3 " " $= 9,9$

" " " " E'_4 " " $= 11,4$

" " " " E'_5 " " $= 14,3$

" " " " E'_6 " " $= 17,0.$

Es ist nun das Moment von $AL_1 =$

$= 89,65 \cdot 6,2 + 15,63 \cdot 5,4 = 640,232,$

daher der erste Werth dieser Kraft

$\frac{640,232}{7,6} \cdot \gamma = 84,24\, \gamma \cdot$ Pfd.

Moment von $E'_1 L_2 = 89,65 \cdot 5,8 + 23,125 \cdot 5,2$

$= 640,22,$ hierzu das Moment

von $AL_1 = 640,232 + (89,65 + 15,63)\, 12,5$

$= 640,232 + 1316,0 = 1956,232$ Fßpf.

das Moment des ganzen Stückes $AL_2 =$

$1956,232 + 640,22 = 2596,452$, daher der zweite Werth der Horizontalkraft in D^0

$$= \frac{2596,452}{8,4} = 309,10 \text{ Ztr.}$$

Moment von $E_2 L_3 = 89,65 \cdot 6,7 + 37,5 \cdot 5,0$
$= 511,0 + 187,5 = 698,5$

hierzu das Moment des Stückes $E_2 H =$
$= 2596,452 + (2 \cdot 89,65 + 15,625 + 23,125) \cdot 12,4$
$= 2596,452 + 2703,82 = 5300,27$;

daher das Moment von $AL_3 =$
$5300,27 + 698,50 = 5998,77$, daher der dritte Werth der Kraft in $D^0 =$

$$\frac{5998,77}{9,9} \text{ Ztr.} = 605,94 \text{ Ztr.}$$

Moment von $E_3 L_4 = 89,65 \cdot 5,4 + 58,75 \cdot 4,8$
$= 484,11 + 282,0 = 766,11$

hierzu das Moment des Stückes $E_3 H =$
$= 5998,77 + (3 \cdot 89,65 + 15,625 + 23,125 + 37,5) \cdot 12,2$
$= 5998,77 + 4211,44 = 10210,21$

das Moment von $AL_4 =$
$10210,21 + 766,11 = 10976,32$, daher der vierte Werth der Horizontalkraft in $D^0 =$

$$= \frac{10976,32}{11,4} \text{ Ztr.} = 962,83 \text{ Ztr.}$$

Moment von $E_4 L_5 = 89,65 \cdot 5,2 + 86,25 \cdot 4,6$
$= 466,18 + 396,75 = 862,93$

hierzu das Moment des Stückes $E_4 H =$
$= 10976,32 + (4 \cdot 89,65 + 15,625 + 23,125 + 37,5 + 58,75)\, 12.$
$= 10976,32 + 5923,2 = 16899,52$.

das Moment von $AL_5 = 16899,52 + 862,93$
$= 17762,45$ daher

der fünfte Werth der Kraft in $D^0 =$

$$\frac{17762,45}{14,3} \text{ Ztr.} = 1242,13 \text{ Ztr.}$$

Moment von $E_5 B = 89,65 \cdot 5 + 121,25 \cdot 4,3$
$= 448,25 + 521,375 = 969,625$.

hierzu das Moment des Stückes $E_5 H =$
$= 17762,45 + (5 \cdot 89,65 + 15,625 + 23,125 + 37,5 + 58,75 + 86,25)\, 11,8$
$= 17762,45 + 7900,10 = 25662,55$

das Moment von $AB = 25662,55 + 969,625$
$= 26632,175$.

und endlich der letzte Werth, in Hinsicht auf eine Drehung um $B = \frac{26632,175}{17} \cdot \gamma$
$= 1566,6 \cdot \gamma$ ℔.

Da dieser Werth unter allen gefundenen der größte ist, so setzt sich der Druck im Gewölbscheitel ihm gleich, also $P = 1566,6\,\gamma$ ℔, oder die Dichtigkeit der Mauer = 150 ℔. angenommen, $P = 1566,6 \cdot 150 = 234990$ ℔. setzen. Die Dicke des Gewölbes ist im Scheitel = 7 Zoll, also der Querschnitt für jeden Fuß Gewölblänge $= 144 \cdot 7 = 1008$ □Zoll, und hienach der Druck auf jeden □Zoll: $\frac{234990}{1008} = \underline{233,1}$ ℔. welcher Druck in Bezug auf die Stabilität des Gewölbes nicht zu groß ist.

Nimmt man den Reibungswinkel zu 30° an, so erhält man noch für die Kraft zur Verhinderung des Herabgleitens der Gewölbsteine, da die Gewölbfugen E_1F_1, E_2F_2 u.s.w. unter den Winkeln $\alpha_1 = (90° - 2°32') = 87°28'$; $\alpha_2 = 84°56'$; $\alpha_3 = 82°24'$; $\alpha_4 = 79°52'$; $\alpha_5 = 77°20'$; $\alpha_6 = 74°48'$ gegen den Horizont geneigt sind, die Werthe:

$P_1 = (89,65 + 15,63)\ tg.\ (87°28' - 30°)\ \gamma =$
$= 105,28\ tg.\ 57°28' \cdot \gamma = 165,29 \cdot \gamma$ ℔.

$P_2 = (105,28 + 112,77)\ tg\ (84°56' - 30°)\ \gamma =$
$= 218,05\ tg.\ 64°56' \cdot \gamma = 309,63 \cdot \gamma$ ℔.

$P_3 = (218,05 + 127,15)\ tg.\ (82°24' - 30°)\ \gamma =$
$= 345,20\ tg.\ 52°24' \cdot \gamma = 448,76 \cdot \gamma$ ℔.

$P_4 = (345,20 + 148,4)\ tg.\ (79°52' - 30°)\ \gamma =$
$= 493,6\ tg.\ 49°52'\ \gamma = 587,38 \cdot \gamma$ ℔.

$P_5 = (493,6 + 175,9)\ tg.\ (77°20' - 30°)\ \gamma =$
$= 669,5\ tg.\ 47°20' \cdot \gamma = 723,06 \cdot \gamma$ ℔.

$P_6 = (669,5 + 210,9)\ tg.\ (74°48' - 30°) \cdot \gamma =$
$= 879,9\ tg.\ 44°48' \cdot \gamma = 871,10 \cdot \gamma$ ℔.

Es ist also der größte Horizontaldruck zur

Verhinderung des Gleitens = 871,10 Ztr. Da aber dieser Druck durch Bestreben zum Umdrehen um eine innere Fuge 1566,6 Ztr. beträgt, so folgt, daß ein Herabgleiten der Gewölbsteine nicht eintreten kann.

Der Minimalwerth zum Hinausschieben giebt $R_6 = 879,9 \; tg.(74°48' + 30°)$; da hier die Tangente größer als 90° wird, daher ∞, folglich auch der ganze Werth ∞ wird, so kann auch kein Hinausschieben erfolgen.

Was nun noch die Stärke der Widerlager anlangt, so hat man für diese als Bestimmungsgleichung:

$$1,9\, P(a+h) = G^0(b+c) + G_1 e + \text{Moment des}$$

passiven Erddrucks; dieses ist:

$P = \frac{1}{2} h^2 \gamma \left[tg.\left(45° + \frac{\varrho}{2}\right)\right]^2 x$, wo $x = \frac{1}{3} h$ ist, da der Mittelpunkt des Erddrucks, um ein Drittel der Höhe h von der Basis absteht; es ist demnach: $P = \frac{1}{6} h^3 \cdot \gamma \left[tg.\left(45° + \frac{\varrho}{2}\right)\right]^2$.

Es wird nun:

$$1,9\, P(a+h) = G^0(b+c) + G_1 e + \frac{1}{6} h^3 \gamma \left[tg.\left(45° + \frac{\varrho}{2}\right)\right]^2$$

Ist h die Pfeilerhöhe und γ die Dichtigkeit der Pfeilermasse, so hat man für jeden Fuß Länge des Pfeilers das Gewicht $G_1 = hc.\gamma$ und setzt man noch $e = \frac{1}{2} c$, das Moment $G_1 e = \frac{1}{2} hc^2.\gamma$.

Hiernach folgt:

$$1,9\, P(a+h) = G^0(b+c) + \frac{1}{2} h c^2 \gamma + \frac{1}{6} h^3 \gamma \left[tg\left(45° + \frac{\varrho}{2}\right)\right]^2$$

$$\frac{1}{2} h c^2 \gamma + G^0 c = 1,9\, P(a+b) - G^0 b - \frac{1}{6} h^3 \gamma \left[tg\left(45° + \frac{\varrho}{2}\right)\right]^2$$

$$c^2 + \frac{2 G^0 c}{h\gamma} = \frac{1,9\, P(a+h) - G^0 b - \frac{1}{6} h^3 \gamma \left[tg\left(45° + \frac{\varrho}{2}\right)\right]^2}{\frac{1}{2} h.\gamma}$$

$$c = -\frac{G^0}{h\gamma} + \sqrt{\left(\frac{G^0}{h.\gamma}\right)^2 + \frac{1,9\, P(a+h) - G^0 b - \frac{1}{6} h^3 \gamma \left[tg\left(45° + \frac{\varrho}{2}\right)\right]^2}{\frac{1}{2} h.\gamma}}$$

Ist nun die Gewölbhöhe $BF = a = 17$ Fuß.
die Höhe des Widerlagspfeilers $BU = h = 40$ "
der Horizontalabstand $BH = b = 36$ Fuß.
und der Reibungswinkel $\varrho = 36°$, so folgt

$$c = -\frac{879,9}{40} + \sqrt{\left(\frac{879,9}{40}\right)^2 + \frac{1,9 . 1566,6 . (17+40) - 879,9 . 36 - \cancel{879}\, \frac{1}{6} . 40^3 \left(tg.45° + 18°\right)\right]^2}{\frac{1}{2} . 40}}$$

$$c = -22 + \sqrt{(22)^2 + \frac{169662,78 - 31676,4 - 41066,67}{20}}$$

$$c = -22 + \sqrt{484 + \frac{96919,71}{20}} = -22 + \sqrt{484 + 4846}$$

$$c = -22 + \sqrt{5330} = -22 + 73,007$$

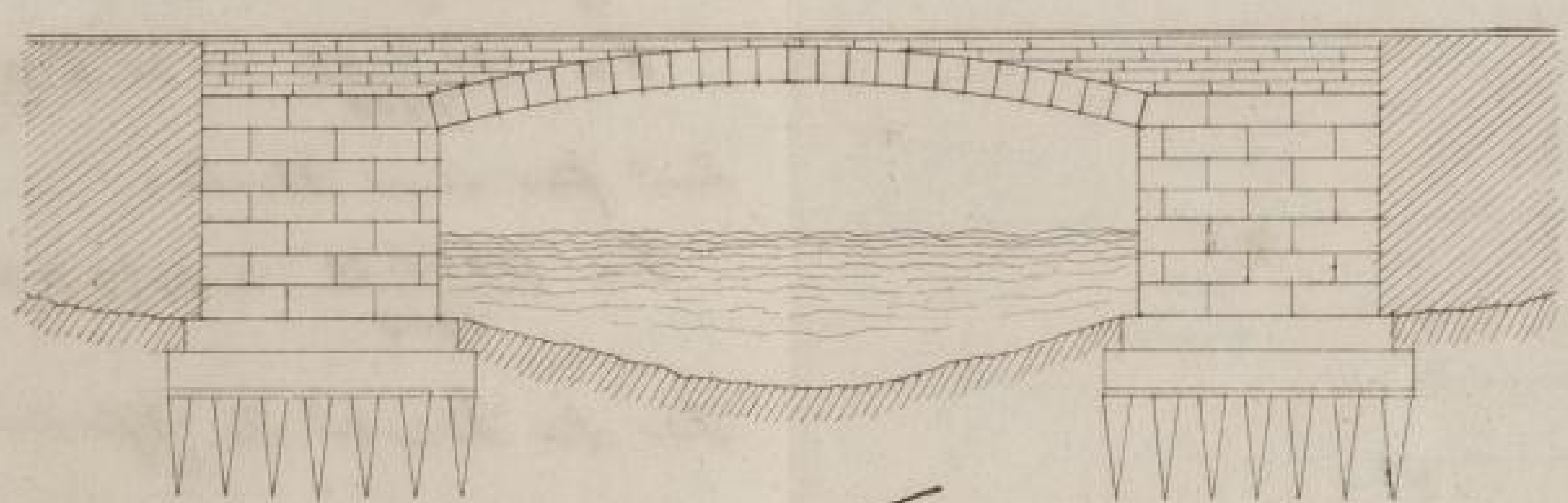
$$c = 51 \text{ Fß.}$$

Um diese Mauer gegen das Gleiten zu sichern, so muß: $c > \frac{P - f \cdot G}{f \cdot h \cdot \gamma}$ d. i.

$$c > \frac{1566,6 - 0,75 \cdot 879,9}{0,75 \cdot 40.}$$

$$c > \frac{906,6}{30} = 30,22 \text{ Fß.}$$ sein,

was auch wirklich der Fall ist. —



Gez. i. Febr. 49. [illegible]

Aufgabe 5.

Es ist für dieselbe Spannweite eine hölzerne Brücke von 24 Fuß anzuordnen und zu berechnen.

Theilt man die Brücke in 3 Theile, so erhält jeder Theil die Länge von 50 Fuß. Nimmt man an, daß jeder Quadratfuß dieser Brücke sammt Belastung 50 Pfd. wiegt, so ergiebt sich das Gewicht eines Theiles der Brücke $= 50 \cdot 24 \cdot 50 = 60000$ Pfd. Das Gewicht der ganzen Brücke ist demnach 180000 Pfd. Die Belastung der Hängesäulen eines Theiles ist $\frac{60000}{3} = 20000$ Pfd. Daher beträgt bei $22\frac{1}{2}°$ Neigung der Streben, der Horizontalschub:

$$\frac{1}{2} \cdot 20000 \text{ cotg. } 22\tfrac{1}{2}° = 10000 \cdot 2,4142$$
$$= \cancel{2,414}$$
$$24142 \text{ Pfd.}$$

und der Schub in einer Strebe:

$$\frac{10000}{\sin.22\frac{1}{2}^0} = \frac{10000}{0,3827} = 26130 \text{ Pfd.}$$

Da sich diese Spannungen auf zwei Riegel und auf zwei Streben, die sich auf beiden Seiten der Brücke befinden, vertheilen, so ist die von einem Spannriegel aufzunehmende Kraft = 12071 Pfd. und die von einer Strebe = 13065 Pfd. Nimmt man nun den Festigkeitsmodul des Holzes = 7400 Pfd. an und giebt man zwanzigfache Sicherheit, so erhält man für den nöthigen Querschnitt eines Spannriegels:

$$F = \frac{12071.20}{7400} = 32,6 \;\square\text{Zoll.},$$

und für eine Strebe:

$$F = \frac{13065.20}{7400} = 35,3 \;\square\text{Zoll.}$$

Für die Stärke der Pfeiler erhält man:

$$x = \frac{60000}{255.24} = 9,80 \text{ Fuß.}$$

und für die Stärke der Widerlager:

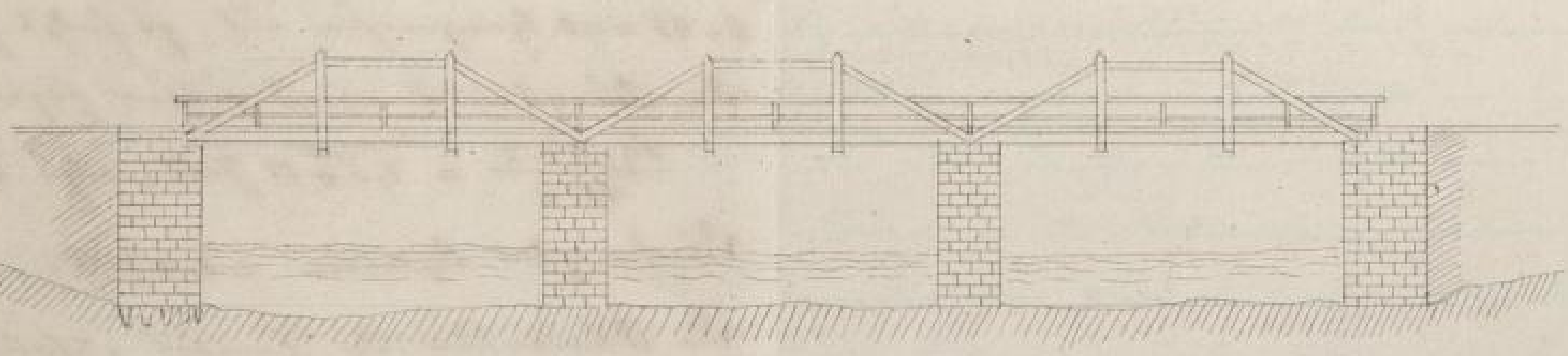
$$x = \frac{30000}{255.24} = 4,9 \text{ Fuß.}$$

Endlich ist die erforderliche Dicke der Widerlager nach der Formel:

$$b = 0,865\,(h+h_1)\,tg\left(45^0 - \frac{\varrho}{2}\right)\sqrt{\frac{\gamma}{\gamma_1}},$$

wo $h_1 = 0$, die Dichtigkeit der Mauer = $2,4.66 = 158,4$ Pfd., und die der Erde = $1,3.66. = 85,8$ Pfd. ist, ferner den Reibungswinkel ϱ zu 50^0 und die Höhe h zu 16 Fuß angenommen:

$$b = 0,865.16\; tg(45^0 - 25^0)\sqrt{\frac{13}{24}}$$
$$= 13,84.0,364.0,736$$
$$= 3,71 \text{ Fuß.}$$



<u>Aufgabe 6.</u>

Man soll für denselben Zweck die Anordnung und Berechnung einer Kettenbrücke vollziehen.

Giebt man über die ganze Breite 45 Hängeeisen, so bekommt man 45 − 1 = 44 Theile, und daher die Entfernung zwischen je zwei Hängeeisen $= \frac{150}{44} = 3,409$ Fuß.

(~~Die Anzahl derselben auf die Länge bis~~ $\cancel{n = \frac{l}{e}} = \cancel{\frac{150}{3,409} = 44}$).

Es folgen nun die Längen dieser Eisen von der Mitte aus gegangen:

$0,\ \frac{a}{n^2},\ \frac{4a}{n^2},\ \frac{9a}{n^2}$ u. s. w.

$0;\ \frac{10}{22^2} = \frac{10}{484} = 0,021$ Fuß.

$\frac{4.10}{484} = 0,084$ Fuß; $9.\frac{10}{484} = 0,189$;

$\frac{16.10}{484} = 0,336$; $\frac{25.10}{484} = 0,525$ Fuß u. s. w.

oder, wenn man hinzu 2 Zoll addirt:

2; 2,25; 3,01; 4,27; 6,03; 8,3 Zoll u. s. w.

Die Maximalbelastung der halben Brückenbahn ist:

$75 . 24 . 42 = 75600$ ℔.

und wiegt nun die übrigens vollkommen armirte halb leere Brückenbahn ebensoviel, so erhalten wir die Last:

$G_1 = 151200$ ℔, und die Querschnitte sämmtlicher Hängestangen der einen Brückenhälfte:

$F_1 = \frac{151200}{2190} = 69,04$ □ Zoll.

Hängen wir die ganze Brückenbahn an $2 . 45 = 90$ Hängeeisen auf, so folgt hieraus der Querschnitt eines solchen Eisens

$$\frac{69,04 . 2}{45 . 2} = 1,53 \;\square\text{ Zoll},$$ also der

Durchmesser desselben $= 1,4$ Zoll.

Der Quadratur der Parabel zufolge ist die mittlere Länge eines Hängeeisens $= \frac{1}{3}$ der Länge des längsten, also $=$ $\frac{1}{3} . 10 = 40$ Zoll, wozu wir vorher noch 2 Zoll zugesetzt $= 42$ Zoll. Daher ist das Volumen sämmtlicher Hängeeisen

$90 . 42 . 1,53 = 5783,4$ Cbkzoll, also das Gewicht derselben, wenn man den Kbkzl Schmiedeeisen $= 0,29$ Pfd. schwer annimmt:

$$5783,4 . 0,29 = 1677,19 \text{ Pfd.}$$

Die Hälfte dieses Gewichts mit der oben gefundenen Last der halben Brückenbahn vereinigt, folgt $G = 151200 + 838,59$
$= 152038,59$ Pfd.

Und daher folgt endlich nach der Formel:

$$F = \frac{G_1}{K . \sin\alpha - b\left[1 + \frac{2}{3}\left(\frac{a}{b}\right)^2\right]\gamma},$$ wenn man

$G_1 = 152038,59$; $K = 17500$; $b = 75 . 12 = 900$; $\frac{a}{b} = \frac{10}{69,04} = 0,14484$; $\gamma = 0,29$

und $\sin\alpha = \frac{2a}{\sqrt{b^2 + 4a^2}} = \frac{20}{\sqrt{75^2 + 4 . 10^2}} = \frac{20}{\sqrt{6025}} = \frac{20}{77,62} = 0,2577$ setzt,

der Querschnitt der Hauptketten:

$$F = \frac{152038,59}{17500 . 0,2577 - 900 . 0,29\left(1 + \frac{2}{3} . 0,14484^2\right)}$$

$$= \frac{152038,59}{4509,75 - 264,65} = 35,82 \;\square\text{ Zoll},$$

also bei 4 Hauptketten der Querschnitt jeder Kette $= 8,95 \;\square$ Zoll.

Durch die angehängte Last werden die Hauptketten verlängert und nehmen dadurch auch eine größere Bogenhöhe an, auch geht aus dem Temperaturwechsel eine Veränderung in der Kettenlänge hervor, welche wieder eine Veränderung in der Bogenhöhe zur Folge hat. Die Vergrößerung der Bogenhöhe, welche der Belastung entspricht, ist, wenn man den Elasticitätsmodul E des Stabeisens $= 29000000$ setzt und zur Belastung 152038,59 Pfd. noch das halbe Gewicht der Hauptketten, d. i.

$$Fb\left[1+\frac{2}{3}\left(\frac{a}{b}\right)^2\right]\gamma = 35,82 \cdot 264,65$$
$$= 9479,763 \text{ Pfd.}$$

hinzufügt, also

$$G = 152038,59 + 9479,76 = 161518,35 \text{ Pfd.}$$

annimmt:

$$\Delta = \frac{3}{8} \cdot \frac{G}{FE} \cdot \frac{b^3}{a^2}$$
$$= \frac{3}{8} \cdot \frac{161518,35}{35,82 \cdot 29000000} \cdot \frac{900^3}{120^2} = 2,95 \text{ Zoll.}$$

Bei einem Temperaturwechsel von 20° stellt sich diese Veränderung:

$$= 0,00000915 \cdot 20 \cdot \frac{900^2}{120} = 0,00000305 \cdot 405000$$
$$= 1,23 \text{ Zoll heraus.}$$

Es bleibt nun noch die Bestimmung der Dimensionen der Pfeiler und der Widerlagsmauern übrig. Die Verticalkraft der belasteten Kette ist: $V = 161518,35$ Pfd. und die der unbelasteten $V_1 = V - 75600 = 85918,35$ Pfd.; wird nun noch $\frac{a}{l} = \frac{1}{4}$ und $f = \frac{1}{4}$ angenommen, so ist die Zapfenreibung zwischen den Rollen

$$\frac{1}{4} \cdot \frac{1}{4}(161518,35 + 85918,35) = 15464,79 \text{ Pfd.},$$

viel kleiner, als die Differenz der Spannungen und es tritt daher eine Bewegung der Kette und ein Umdrehen der Rollen ein, welches so lange fortgeht, bis die eine Spannung so viel zu und die andere so viel abgenommen hat, daß die Differenz wirklich nur 15464,79 Pf. beträgt. Ist nun die Pfeilerhöhe 16 Fuß, die Dicke 4 Fuß und die Dichtigkeit der Mauermasse 130 Pf., so hat man für die nöthige Pfeilerbreite:

$$b^2 + \frac{247436,7}{4.16.130} \cdot b = \frac{2.15464,79 \cdot \cos\alpha}{4.130} \text{ d.i.}$$

$$b^2 + 29,74\,b = \frac{154,79 \cdot 0,9662}{260} = 57,47,$$

woraus $b = -14,87 + \sqrt{57,47 + 221,1169}$

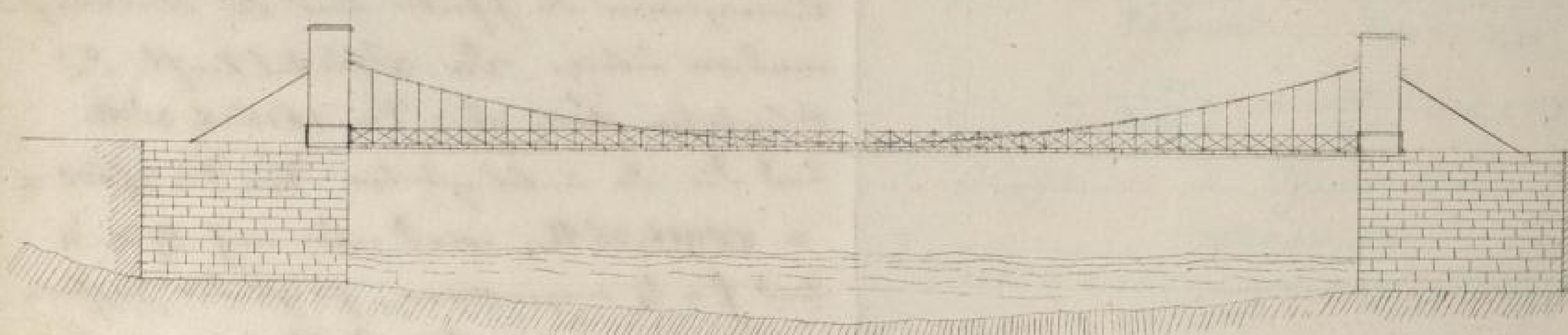
$= -14,87 + 16,69$

$= 1,82$ Fuß, wofür der Sicherheit wegen das Dreifache, d.i. 5,46 Fuß zu nehmen ist.

Die nöthige Länge der Widerlagsmauer ist, wenn man $h = 16$ und $d = 10$ Fuß setzt:

$$l = \frac{2S \cdot \sin\alpha}{h \cdot d \cdot \gamma} = \frac{2.161518,35}{16.10.130} = 15,53 \text{ Fuß},$$

wofür ungefähr 30 Fuß zu nehmen sind.



Aufgabe 7.

Man soll die Höhe eines Wehres berechnen, durch welches das Wasser in einem 20 Fss. breiten und 4 Fuss tiefen Bache 5 Fuss aufgestaut wird, wenn einem vorausgeschickten Nivellement zu Folge die Neigung des Flussbettes 0,00075 ist.
Auch soll angegeben werden, wie gross dann die Wassertiefe 4000 Fuss oberhalb des Wehres ist und in welcher Entfernung vom Wehr die Aufstauung nur 1 Zoll beträgt?

Bei der gleichförmigen Bewegung des Wassers ist die Geschwindigkeit:

$c = \sqrt{\frac{F}{\zeta . l . p} . 2gh}$, wo $F = 20.4 = 80$, $p = 28$; $\zeta = 0,0075$; $\frac{h}{l} = 0,00075$ und $2g = 62,5$ ist, daher:

$$c = \sqrt{\frac{80 . 62,5 . 0,00075}{0,0075 . 28}} = \sqrt{\frac{3,75}{0,21}} = \sqrt{17,86}$$

$c = 4,226$ Fss; hieraus folgt das Wasserquantum $Q = cF = 80 . 4,226$
$= 338,08$ Cbfss.

Da die Aufstauung ziemlich gross ist, so wird zur Berechnung der gesuchten Wehrhöhe die Formel:

$$x = a + h_1 - \left(\frac{3Q}{2\mu b \sqrt{2g}}\right)^{\frac{2}{3}}$$ genügen;

es ist hier $a = 4$; $h_1 = 5$; $Q = 338,08$; $b = 20$; $\mu = 0,80$ u. $\sqrt{2g} = 7,906$, woraus

$$x = 4 + 5 - \left(\frac{3 . 338,08}{2 . 0,8 . 20 . 7,906}\right)^{\frac{2}{3}}$$
$$= 9 - \left(\frac{1014,24}{252,992}\right)^{\frac{2}{3}}$$
$$= 9 - 2,524 = 6,48$$ Fss. folgt.

Es ist daher der Überfall ein vollkommener.
Die Wassertiefe unmittelbar am Wehr ist: $4 + 5 = 9$ Fss. Um nun die einer gegebenen Entfernung x entsprechende Wassertiefe zu finden, dient die Formel:

$$a_0 - a_1 = \frac{\left(\sin\alpha - \zeta . \frac{p_0}{a_0 b_0} . \frac{v_0^2}{2g}\right) l}{1 - \frac{2}{a_0} . \frac{v_0^2}{2g}}$$

und setzt man hierin erst $l = 1000$ Fss.
$p_0 = 30$ Fss; $a_0 = 9$; $a_0 b_0 = 180$;

$v_0 = \frac{338,08}{180} = 1,88$ u. $\zeta = 0,0075$, so erhält man die entsprechende Senkung:

$$a_0 - a_1 = \frac{\left(0,00075 - 0,0075 \cdot \frac{30}{180} \cdot \frac{1,88^2}{62,5}\right)}{1 - \frac{2}{9} \cdot \frac{1,88^2}{62,5}} \cdot 1000$$

$$= \frac{0,00067986 \cdot 1000}{0,98756} = 0,689 \text{ Fuß.}$$

Setzen wir nun wieder $l = 1000$; $p_0 = 29,5$; $a_0 = 9 - 0,689 = 8,311$; $a_0 b_0 = 166,22$; $v_0 = \frac{338,08}{166,22} = 2,033$ u. $\zeta = 0,0075$, so wird:

$$a_0 - a_1 = \frac{\left(0,00075 - 0,0075 \cdot \frac{29,5}{166,22} \cdot 0,066\right)}{1 - \frac{2}{8,311} \cdot 0,066} \cdot 1000$$

$$= \frac{0,00066238 \cdot 1000}{0,98412} = 0,673 \text{ Fuß}$$

Ferner $l = 1000$; $p_0 = 29$; $a_0 = 8,311 - 0,673 = 7,638$; $a_0 b_0 = 152,76$; $v_0 = \frac{338,08}{152,76} = 2,213$ u. $\zeta = 0,0075$, daher:

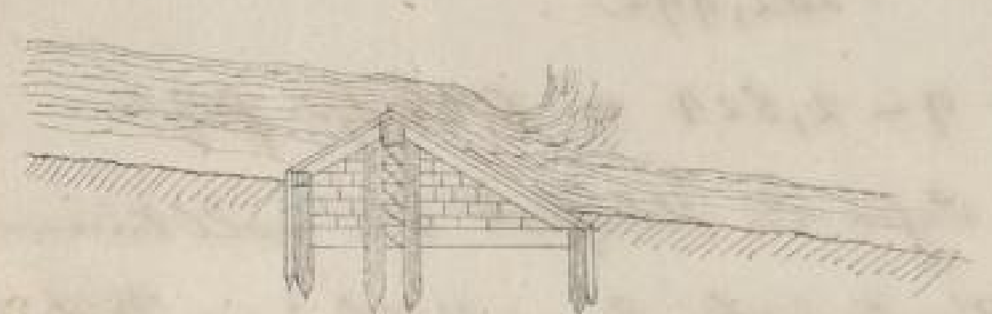
$$a_0 - a_1 = \frac{\left(0,00075 - 0,0075 \cdot \frac{29}{152,76} \cdot 0,078\right)}{1 - \frac{2}{7,638} \cdot 0,078} \cdot 1000$$

$$= \frac{0,00063944 \cdot 1000}{0,980} = 0,652 \text{ Fuß.}$$

Endlich $l = 1000$; $p_0 = 28,5$; $a_0 = 7,638 - 0,652 = 6,986$; $a_0 b_0 = 139,72$; $v_0 = \frac{338,08}{139,72} = 2,420$ und $\zeta = 0,0075$ giebt die Senkung:

$$a_0 - a_1 = \frac{\left(0,00075 - 0,0075 \cdot \frac{28,5}{139,72} \cdot 0,094\right)}{1 - \frac{2}{6,986} \cdot 0,094} \cdot 1000$$

$$= \frac{0,00060618 \cdot 1000}{0,9731} = 0,623 \text{ Fuß.}$$



Es ist also $1000 + 1000 + 1000 + 1000 = 4000$ Fuß oberhalb des Wehres die Wassertiefe noch $6,986 - 0,623 = 6,363$ Fuß und die Stauhöhe $= 2,363$ Fuß.

Es ist nun noch die einer sehr kleinen Senkung y entsprechende Stauweite:

$$s = \frac{h - \frac{1}{3}\left(a - \frac{v^2}{g}\right) Ln.\, y}{\alpha}$$

und für $y = 1$ Zoll $= \frac{1}{12}$ Fuss:

$$s = \frac{h + 0{,}828\left(a - \frac{v^2}{g}\right)}{\alpha}$$

$$= \frac{5 + 0{,}828\left(4 - \frac{4{,}23^2}{31{,}25}\right)}{0{,}00075}$$

$$= \frac{5 + 2{,}837887}{0{,}00075} = \underline{10450{,}52 \text{ Fuss}}.$$

Aufgabe 8.

Man soll für ein Gefälle von 30 Fuss und ein Wasserquantum $Q = 6$ Cubikfuss p. s. die Anordnung und Berechnung eines oberschlächtigen Wasserrades vollziehen.

Lässt man das Rad mit 5 Fuss Geschwindigkeit umgehen und nimmt man die Radtiefe oder Kranzbreite = 1 Fuss an, lässt man ferner das Wasser doppelt so schnell eintreten, als das Rad umgeht, so bekommt man für die Eintrittsgeschwindigkeit:

$c = 2.5 = 10$ Fuss, und das zur Erzeugung dieser Geschwindigkeit nöthige Gefälle

$h_1 = 1{,}1 \frac{c^2}{2g} = 1{,}1 . \frac{100}{62{,}5} = 1{,}76$ Fuss. Ziehen wir dieses vom Totalgefälle $h = 30$ Fuss ab, so bleibt für das eigentliche Radgefälle:

$h_2 = h - h_1 = 30 - 1{,}76 = 28{,}24$ Fuss.

Für den Radhalbmesser erhält man

$a = \frac{h - h_1}{2} = 14$ Fuss; für die Umdrehungszahl des Rades pro min:

$u = \frac{30 . v}{\pi . a} = 9{,}55 \frac{5}{14} = 3{,}4$, und die Radweite $e = 38{,}2 \frac{Q}{u . a . d} = 38{,}2 . \frac{6}{3{,}4 . 14 . 1} = 4{,}8$ Fuss.

Die Entfernung zwischen je zwei Schaufeln ist $= 7\left(1 + \frac{d}{10}\right)$ Zoll $= 7\left(1 + \frac{12}{10}\right) = 15{,}4$ Zoll, daher die Schaufelzahl $n = \frac{2.\pi.14.12}{15,4} = \frac{1055,04}{15,4} = 68$ und der Theilwinkel $\beta = \frac{360}{8} = 5°18'$. Da jedoch diese Construktion bei nicht sehr hohen Rädern eine nicht hinreichende Deckung giebt, so macht man jetzt meist die Stoßschaufel $\frac{5}{4}$ des Theilwinkels, es wird demnach der Centriwinkel $\beta_1 = \frac{5}{4}\cdot\frac{90}{17} = 6\frac{3}{5}° = 6°36'$ und der Deckungswinkel δ: $tg.\delta = \frac{a.\sin\beta_1}{\frac{b}{2} - a(1-\cos\beta_1)} = \frac{14.0,1149}{\frac{1}{2}-14(1-0,9934)}$

$= \frac{1,6086}{0,4076} = 3,9465162$ daher

$$\delta = 75°46'52,''3.$$

Damit nun das Wasser ohne Stoß eintrete und erst im Innern der Zelle seine Arbeit verrichte, muß dem Wasserstrahle eine gewisse Richtung gegeben werden. Nimmt man an, daß die Eintrittsstelle 12° vom Radscheitel absteht, so hat man den Winkel, welchen die Umfangsgeschwindigkeit mit der Stoßschaufel einschließt,

$$\varphi = 90° - (\delta - \beta_1)$$
$$= 90° - 69°10'52,''3$$
$$= 20°49'7,''7$$

und es folgt der Winkel, um wie viel die Strahlrichtung von der Stoßschaufel abweichen muß, damit das Wasser in die Zelle ungehindert eintrete:

$$\sin\psi = \frac{v.\cos.(\delta-\beta_1)}{c} = \frac{5.\cos.69°10'52,''3}{10}$$
$$= \frac{1}{2}.0,3554138 = 10°14'10,''4.$$

Der Neigungswinkel des Strahles gegen

den Horizont ist nun:

$$v_1 = \varphi - \psi + \omega = 20^\circ 49' 7{,}7'' - 10^\circ 14' 10{,}4'' + 12$$
$$= 22^\circ 34' 57{,}3''.$$

und die relative Eintrittsgeschwindigkeit:

$$c_1 = \frac{c \sin.(\varphi - \psi)}{\sin.\varphi} = \frac{10 . \sin. 10^\circ 34' 57{,}3''}{\sin. 20^\circ 49' 7{,}7''} =$$
$$= \frac{10 . 0{,}1836}{0{,}3554} = 5{,}166 \text{ Fß.}$$

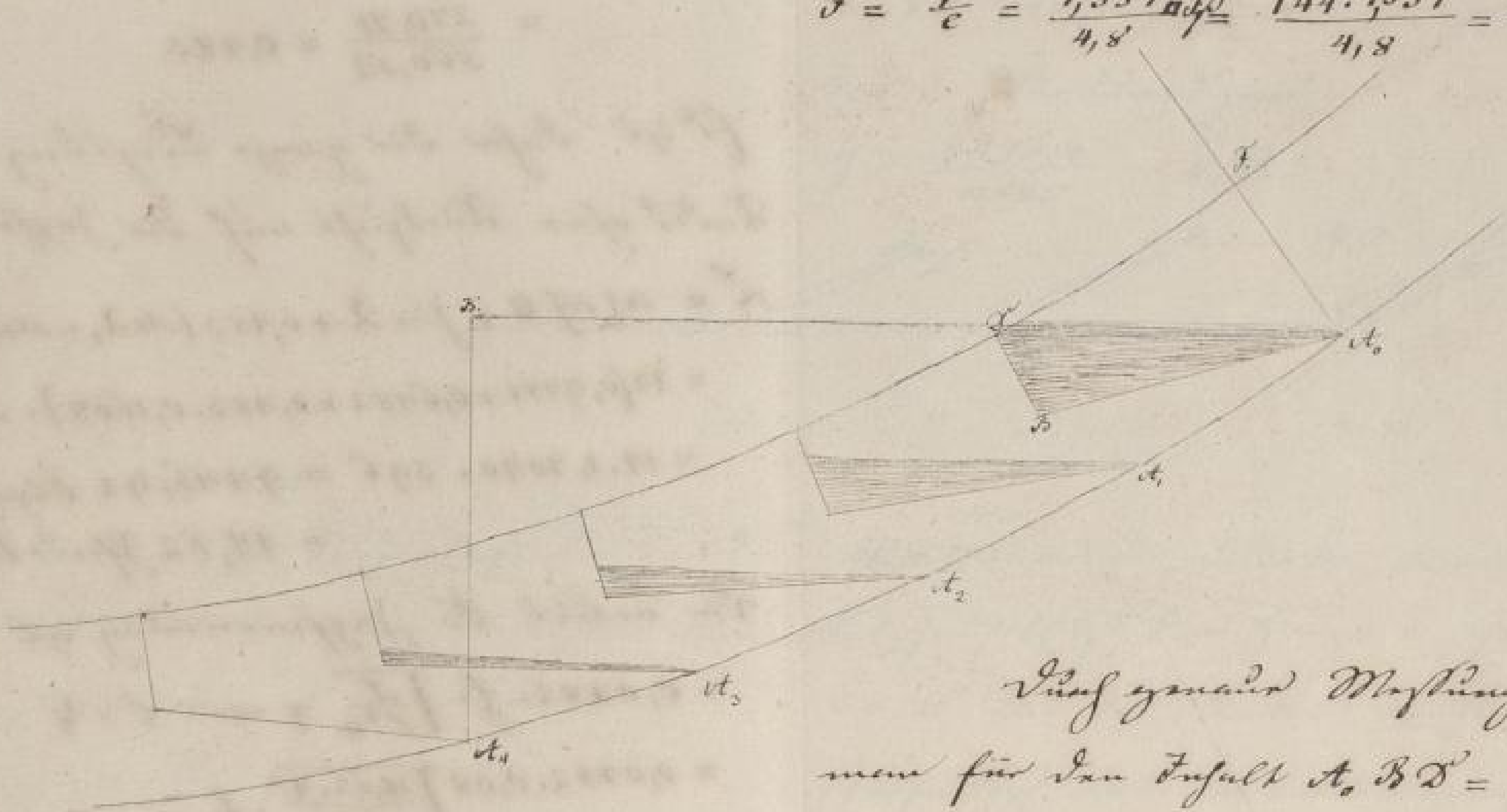
Es bleibt nun noch die Leistung des Rades zu finden übrig.

Das Wasserquantum in einer Zelle ist

$$V = \frac{60 Q}{n . u} = \frac{60 . 6}{68 . 3{,}4} = \frac{360}{231{,}2} = 1{,}557 \text{ Kbfß.}$$

und demnach der Querschnitt desselben:

$$F = \frac{V}{c} = \frac{1{,}557 \,\square\, \text{Fß}}{4{,}8} = \frac{144 . 1{,}557}{4{,}8} = 46{,}71 \,\square\, \text{Zoll.}$$



Durch genaue Messung erhält man für den Inhalt $A_0 B D = S = 36 \,\square$ Zoll und für $A_0 F D = 72 \,\square$ Zoll, es folgt daher für den Anfang des Ausgießens:

$$tg. \lambda = \frac{36 + 72 - 46{,}71}{\frac{1}{2} . 144} = 0{,}85125, \text{ daher}$$

$\lambda = 40^\circ 24' 22''$. Der Winkel unter welchem das äußere Schaufelende den Halbmesser des Rades trifft, ist $\lambda_1 = 54^\circ$, daher die Höhe $B A_4$ des wasserhaltenden Bogens, Theiles, in welchem das Ausleeren erfolgt:

$$= a(\sin\lambda_1 - \sin\lambda) = 14(\sin 54^\circ - \sin 40^\circ 24' 22'')$$

$$= 14(0{,}8090 - 0{,}6482) = 14 \cdot 0{,}1608 = 2{,}25 \text{ Fuß}.$$

Vergleicht man nun innerhalb dieser Höhe noch 3 Schaufelstellungen, so findet man durch Messung und Rechnung die Querschnitte des Wasserkörpers einer Schaufel bei diesen Stellungen: $F_1 = 36$ □Zoll, $F_2 = 22$ und $F_3 = 9$ □Zoll. Da nun noch der Querschnitt am Anfang $F_0 = 46{,}71$ und der am Ende $F_4 = 0$ ist, so hat man die Verhältnißzahl:

$$\varkappa = \frac{F}{F_0} = \frac{46{,}71 + 4(36+9) + 2 \cdot 22}{12 \cdot 46{,}71}$$

$$= \frac{270{,}71}{560{,}52} = 0{,}483.$$

Es ist daher die ganze Leistung des Rades ohne Rücksicht auf die Zapfenreibung

$$L = a[\cos\theta + \sin\lambda + 0{,}483(\sin\lambda_1 - \sin\lambda)]\, 6{,}66$$

$$= 14(0{,}9781 + 0{,}6482 + 0{,}483 \cdot 0{,}1608) \cdot 396$$

$$= 14 \cdot 1{,}7040 \cdot 396 = 9446{,}92 \text{ Fußpfund}$$

$$= 18{,}52 \text{ Pferdekräfte}.$$

Die Arbeit der Zapfenreibung ist nun:

$$= 0{,}0482 \cdot f \cdot \sqrt{\frac{L}{c^2 u}}\, F \text{ wenn } c = \tfrac{1}{4}$$

$$= 0{,}0482 \cdot 0{,}08 \sqrt{\frac{18{,}52 \cdot 4^3}{3{,}4}} \cdot L$$

$$= 0{,}003856 \sqrt{348{,}6} \cdot L = 0{,}003856 \cdot 18{,}67 \cdot L.$$

$= 0{,}07199 \cdot L$. d. i. also 7,2 p. C. der übrigen Nutzleistung, daher $= 1{,}3$ Pferdekräfte.

Daher die Nutzleistung des Rades:

$18{,}52 - 1{,}3 = 17{,}22$ Pferdekräfte.

Endlich der Wirkungsgrad, da die disponible Leistung $= h \cdot Q \cdot \gamma = 30 \cdot 6 \cdot 66 = 11880$ ist:

$$\eta = \frac{8783,9}{11880} = 0,739.$$

Auf andere Weise erhält man noch die Arbeit der Zapfenreibung, wenn wir das Radgewicht $G^0 = 3000 \frac{L}{Cu}$ setzen, daher

$$G = \frac{3000 . 18,32 . 4}{3,4} = 65364,7 \text{℔},$$ hiernach der Zapfenhalbmesser $r = 0,002 \sqrt{32682,35} = 0,002 . 180,8 = 0,36$ Fuß. Daher der Arbeitsverlust wegen der Zapfenreibung

$$\frac{r}{a} . f . G . v = \frac{0,36}{13,5} . 0,1 . 65364,7 . 5$$
$$= 871,52 \text{ Fußpfd} = 1,7 \text{ Pferdekräfte},$$

daher die letzte Nutzleistung des Rades $= 8575,40$ Fußpfd $= 16,82$ Pferdekräfte und der Wirkungsgrad:

$$\eta = \frac{8575,4}{11880} = 0,722.$$

Gef. im Juni 49.

Aufgabe 9.

Es ist für die letzte Wasserkraft die Anordnung und Berechnung einer Fontaineschen Turbine zu machen.

Nimmt man den Winkel, unter welchem der Radschaufelfuß den Horizont schneidet, $\delta = 20^\circ$ und den Winkel, welchen der Radschaufelkopf mit der Radbewegung einschließt, $\beta = 105^\circ$, so erhält man für den Leitschaufelwinkel:

$$\cot g . \alpha = \cot g . \beta + \frac{1}{\sin . \delta} = \cot g . 105^\circ + \frac{1}{\sin . 20^\circ} =$$
$$= -0,26795 + 2,92380$$
$$= 2,65585, \text{ daher}$$
$$\alpha = 20^\circ, 38'.$$

Nimmt man ferner den Widerstandscoefficienten für die Leitschaufelcanäle $\zeta = 0,15$

und den für die Radkanäle $\varkappa = 0{,}10$, so erhält man die vortheilhafteste Radgeschwindigkeit:

$$v = \sqrt{\frac{2 g h}{2 \cdot \frac{\sin \beta \cdot \cos \alpha}{\sin (\beta - \alpha)} + \zeta \left(\frac{\sin \beta}{\sin (\beta - \alpha)} \right)^2 + \varkappa}}$$

$$= \frac{7{,}906 \sqrt{50}}{\sqrt{1{,}8167 + 0{,}1413 + 0{,}1000}} = \frac{43{,}301}{\sqrt{2{,}058}} =$$

$v = 30{,}184$ Fuß, und hieraus ergiebt sich die Eintrittsgeschwindigkeit:

$$c = \frac{v \cdot \sin \beta}{\sin (\beta - \alpha)} = \frac{30{,}184 \cdot 0{,}966}{0{,}995}$$

$$c = 29{,}30 \text{ Fuß.}$$

Es folgen nun die Querschnitte:

$$F = \frac{Q}{c} = \frac{6}{29{,}30} = 0{,}2048 \;\square \text{Fuß und}$$

$$F_2 = \frac{Q}{v} = \frac{6}{30{,}184} = 0{,}1988 \;\square \text{Fuß.}$$

Nimmt man nun das Verhältniß $\nu = \frac{d}{r} = \frac{1}{3}$, so bekommt man den mittleren Radhalbmesser: $r = \sqrt{\frac{F}{2 \pi \cdot \nu \cdot \sin \alpha}} = \sqrt{\frac{0{,}2048}{\frac{2}{3} \cdot \pi \cdot \sin 20^\circ 38'}} =$

$$r = \sqrt{\frac{0{,}2048}{0{,}7373}} = 0{,}5270 \text{ Fuß,}$$

und die Radweite:

$$d = \nu \cdot r = \frac{0{,}527}{3} = 0{,}1757 \text{ Fuß.}$$

Die Zellenweite e ist $= \frac{1}{2} d = 0{,}08785$ Fuß, und hieraus die Schaufelzahl $n = \frac{F}{de} =$

$$n = \frac{0{,}2048}{0{,}1757 \cdot 0{,}0879} = \frac{0{,}2048}{0{,}0154} = 13{,}3,$$

wofür angemessener 16 zu nehmen ist.

Die Radhöhe b ist etwa $= d = 0{,}176$ zu nehmen, und den Halbmesser des Reservoirs, kann man etwas größer, als $r + \frac{d}{2} =$ $= 0{,}527 + 0{,}088 = 0{,}615$, also $0{,}7$ Fuß machen, wo dann der Querschnitt desselben = 2,2 □', die Geschwindigkeit $w_1 = \frac{Q}{F} = \frac{6}{2,2} = 2,727'$ und die entsprechende Geschwindigkeitshöhe, $\mathfrak{z} = 0,016 \cdot 2,727^2 = 0,119'$ sich ergiebt.

Die Leistung dieses Rades ist bei vollkommen aufgezogenem Schütze:

$$L = \left(h - \left[\zeta \cdot c^2 + \varkappa c^2 + \left(2v \sin.\frac{\delta}{2}\right)^2 + w_1^2\right] \cdot \frac{1}{2g}\right) Q \cdot \gamma$$

$$= \left(30 - \left[0,15 \cdot 858,5 + 0,10 \cdot 858,5 + (2 \cdot 30,184 \cdot \sin.10^\circ)^2 + 2,727^2\right] 0,016\right) 6 \cdot 66.$$

$$= (30 - (128,78 + 85,85 + 109,89 + 7,45)\, 0,016) \times 396.$$

$$= (30 - 331,97 \cdot 0,016)\, 396 = 24,69 \cdot 396$$

$$= 9777,24 \text{ Fußpfd.} = 19,17 \text{ Pferdekräfte.}$$

Nimmt man nun ein Radgewicht von 1200 ℔. und einen Zapfenhalbmesser von 1 Zoll, den Reibungscoefficienten = 0,075 an, so ist die Reibung: $fR = 0,075 \cdot 1200 = 90$ ℔.

Es ist ferner die mittlere Radgeschwindigkeit = 30,184 und der mittlere Radhalbmesser = 0,53', daher ist die Reibung pro Sec.:

$$= 90 \cdot \frac{2}{3} \cdot \frac{1}{12} \cdot \frac{30,184}{0,53} \text{ Fußpfd.}$$

$$= 284,75 \text{ Fußpfd.}$$

Daher wird $L = 9777,24 - 284,75$
$= 9492,49$ Fußpfd.
$= 18,61$ Pferdekräfte,

und der Wirkungsgrad, da die disponible Leistung = 11880 Fußpfd. ist:

$$\eta = \frac{9492,49}{11880} = \underline{0,799}.$$

Aufgabe 10.

Man soll für ein Gefälle von 250 Fß. und ein Wasserquantum von 2 Kbkfß. pro Sek. eine Wassersäulenmaschine anordnen und berechnen.

Nimmt man eine einfachwirkende einstiefelige Wassersäulenmaschine an und läßt man den Treibkolben mit der mittleren Geschwindigkeit $v = 1$ Fß. auf und niedersteigen, so hat man für den Querschnitt den Inhalt: $\frac{2Q}{v} = \frac{2.2}{1} = 4$ □Fß, und läßt man das Wasser in den Einfall- und Ausgußröhren mit $v_1 = v_2 = 5$ Fß. mittlerer Geschwindigkeit sich bewegen, so hat man für den Querschnitt dieser Röhren: $F_1 = \frac{2Q}{v_1} = \frac{4}{5} = 0,8$ □Fß.

Hiernach folgt der Durchmesser des Treibkolbens:

$$d = \sqrt{\frac{4F}{\pi}} = \sqrt{\frac{16}{\pi}} = \frac{4}{1,77} = 2,258 \text{ Fß.}$$

und der der Einfall- und Austrageröhren:

$$d_1 = d_2 = \sqrt{\frac{4F_1}{\pi}} = \sqrt{\frac{3,2}{\pi}} = 1,0103 \text{ Fuß.}$$

Der Sicherheit wegen wollen wir aber $d = 27$ Zoll und $d_1 = 12$ Zoll in Anwendung bringen.

Läßt man das Ausgußrohr 50 Fß hoch über dem mittleren Kolbenstande aufsteigen, nimmt man also $h_2 = 50$ Fß an, so bekommt man $h_1 = h + h_2 = 300$ Fß.

Nimmt man ferner an, daß die Axenlänge l_1 der Einfallröhre 350, die der Ausgußröhre aber l_2 nur 66 Fuß betrage:

Bei 27 Zoll Kolbendurchmesser erhält man $F = \frac{\pi d^2}{4} = \frac{\pi}{4} \cdot \frac{81}{16} = 3,976$ □Fß, daher $v = \frac{2Q}{F} = \frac{4}{3,976} = 1,006$ Fß.

Rechnet man nun noch auf 4 Spiele pro min., so erhält man den Hub:

$$s = \frac{60 \cdot v}{2n} = \frac{60 \cdot 1{,}006}{8} = 7{,}545 \text{ Fuß}.$$

Nimmt man ferner die Breite b des Liederungskranzes am Treibkolben $= \frac{1}{8} d = 3{,}4$ Zoll, so erhält man zunächst die durch die Treibkolbenreibung aufgezehrte Druckhöhe:

$$4f \cdot \frac{b}{d}(h_1 + h_2) = 4 \cdot 0{,}25 \cdot \frac{1}{8}(300 + 50) =$$
$$= \frac{350}{8} = 43{,}75 \text{ Fuß},$$ und es bleibt nach Abzug der Kolbenreibung nur noch das nutzbare Gefälle, oder die Druckhöhe:

$$h - 4f\frac{b}{d}(h_1 + h_2) = 250 - 43{,}75 = 206{,}25 \text{ Fuß}$$ übrig.

Um nun die hydraulischen Widerstände zu finden, muß man zunächst die Coefficienten x_1 und x_2 berechnen. Es ist der eine für die Einfallröhre:

$$x_1 = \zeta \cdot \frac{l_1}{d_1} + \frac{d_1^2 l_1^2}{d^2 s} + \zeta_1 \frac{\beta_1}{\pi} + \zeta_2 + \zeta_3 + \zeta_5 ;$$

und der andere für die Austrittsröhre:

$$x_2 = \zeta \cdot \frac{l_2}{d_2} + \frac{d_2^2 l_2}{d^2 s} + \zeta_1 \frac{\beta_2}{\pi} + \zeta_2 + \zeta_4 + \zeta_5 ,$$

hierin ist zu setzen:

$\zeta = 0{,}021$; $\frac{l_1}{d_1} = \frac{350}{1}$; $\frac{l_2}{d_2} = \frac{66}{1}$, daher $\zeta \frac{l_1}{d_1} = 0{,}021 \cdot 350 = 7{,}35$ und $\zeta \frac{l_2}{d_2} = 0{,}021 \cdot 66 = 1{,}386$; ferner $\frac{d_1^2 l_1}{d^2 s} = \left(\frac{4}{9}\right)^2 \cdot \frac{350}{7{,}545} = 9{,}16$. $\frac{d_2^2 l_2}{d^2 s} = \left(\frac{4}{9}\right)^2 \cdot \frac{66}{7{,}545} = 1{,}73$. Nimmt man ferner an, daß die Krümmungen in den Röhren mit dem Halbmesser: $a = 4r$ gebogen sind, setzt man also $\frac{r}{a} = \frac{1}{4}$, so erhält man den Coefficienten des Krümmungswiderstandes: $\zeta_1 = 0{,}131 + 1{,}847\left(\frac{1}{4}\right)^{\frac{7}{2}} = 0{,}145$ und betragen die sämmtlichen Krümmungswinkel, sowohl in der Einfall- als auch in der

Austragewinkel = 270°, ist also: $\frac{\beta_1}{\pi} = \frac{\beta_2}{\pi} = \frac{270°}{180°} = \frac{3}{2}$, so hat man: $\zeta_1 \frac{\beta_1}{\pi} = \zeta_1 \frac{\beta_2}{\pi} = 0{,}145 \cdot \frac{3}{2} = 0{,}22$ anzunehmen. Macht ferner das Wasser vor und nach seiner Wirkung im Treibcylinder bei seinem Durchgange durch den Steuercylinder zwei rechtwinklige Ablenkungen, so hat man in den Formeln, für x_1 und x_2, $\zeta_2 = 2 \cdot 1 = 2$ einzusetzen, und hat die Steuerkolben mit den Communicationsröhren und mit den Einfallröhren einerlei Querschnitt, so lässt sich der Widerstandscoefficient für den Aufgang:

$\zeta_3 = \left[1 - \left(\frac{d_1}{d}\right)^2\right]^2 = (1 - 0{,}444)^2 = 0{,}31$ setzen, während der für den Rückgang $\zeta_4 = \frac{4}{9}\left(\frac{d_2}{d_1}\right)^4 = \frac{4}{9} = 0{,}44$ ist. Wird nun noch die Regulirungsschieber ganz geöffnet, so ist $\zeta_5 = 0$, und daher:

$x_1 = 7{,}35 + 9{,}16 + 0{,}22 + 2{,}00 + 0{,}31 = 19{,}04$ und

$x_2 = 1{,}39 + 1{,}73 + 0{,}22 + 2{,}00 + 0{,}44 = 5{,}78$ zu nehmen. Endlich hat man noch das dem vortheilhaftesten Gange entsprechende Verhältniss der Aufgangszeit zur Niedergangszeit:

$$v = \sqrt[3]{\frac{x_1}{x_2}} = \sqrt[3]{\frac{19{,}04}{5{,}78}} = \frac{2{,}67}{1{,}79} = 1{,}492.$$

Durch Einführung dieser Werthe bekommen wir nun die Höhe der übrigbleibenden Kraftsäule:

$$= h - \left[4f\frac{l}{d}(h_1 + h_2) + \left(\frac{x_1}{v^2} + x_2\right)\left(\frac{v+1}{2}\right)^2 \cdot \frac{1}{2g} \cdot \left(\frac{4Q}{\pi d_1^2}\right)^2\right]$$
$$= 250 - \left[43{,}75 + \left(\frac{19{,}04}{2{,}23} + 5{,}78\right) 1{,}553 \cdot 0{,}016 \cdot \frac{64}{9{,}87}\right]$$
$$= 250 - [43{,}75 + 14{,}32 \cdot 0{,}162] = 250 - (43{,}75 + 2{,}32)$$
$$= 250 - 46{,}07 = 203{,}93 \text{ Fuss.}$$

Daher ist die Leistung ohne Rücksicht auf die Arbeit, welche die Steuerung beansprucht = $203,93$ Pfd. $2.66 = 26918,76$ Fußpfd $=$ $52,78$ Pferdekräfte und der Wirkungsgrad:

$$\eta = \frac{204}{250} = 0,816.$$

Wendet man nun einen Steuerkolben von 12 Zoll Durchmesser und daher einen Gegenkolben d_2 von $12\sqrt{2} = 17$ Zoll an, wenn ferner die Communicationsröhre die Höhe:

$$a = \frac{\pi d_1^2}{4d} = \frac{144.\pi}{4.27} = \frac{4}{3}.\pi = 4,188 \text{ Zoll},$$

und deshalb der Steuerkolben die Höhe:

$a_1 = 3a = 12,564$ Zoll, und sein Spiel den Hub $s_1 = a_1 + a = 16,752$ Zoll $= 1,4$ Fuß erhält, so hat man das Steuerwasserquantum pro Spiel $= \frac{\pi}{4}.d_2^2\, s_1 = \frac{\pi}{4}.\left(\frac{17}{12}\right)^2.1,4 = 0,785.2,007.1,4$ $= 1,539$ Kbkfß, und daher den entsprechenden Arbeitsverlust pro Sec.:

$$L_1 = \frac{n s_1}{60}.\frac{\pi d_2^2}{4}.h.\gamma = \frac{4}{60}.1,539.250.66$$

$= 1692,9 = 3,32$ Pferdekräfte, daher bleibt für die Leistung:

$L = 26918,76 - 1692,9 = 25225,86$ Fußpfd,
$= 49,46$ Pferdekräfte.

Hiernach folgt der Wirkungsgrad dieser Maschine, da die disponible Leistung:

$h.Q.\gamma = 250.2.66 = 33000$ Fußpfd ist,

$$\eta = \frac{25226}{33000} = 0,7644.$$

Aufgabe 11.

Es ist ein Dampfgöpel zu berechnen, bei dem die Tonne $3\frac{1}{2}$ Fuß Geschwindigkeit hat, die Fördermasse 2000 Pfd. wiegt und der Korbdurchmesser 8 Fuß ist, die Dampfmaschine aber 30 Spiele pro min. macht.

Ist die Fördermasse $= Q$, ihre Geschwindigkeit v, so ist bei einem saigeren Schachte die nöthige Arbeit zur ~~Ueb~~ Überwindung der reinen Last: $L = Qv$, daher:

$L = 2000 \cdot 3\frac{1}{2} = 7000$ Fußpfd. Man hat nun zuerst noch die Arbeit zur Überwindung der Nebenlast zu berechnen, um dann die zur Förderung nöthige Stärke der Dampfmaschine bestimmen zu können.

Zuerst ist der Steifigkeitswiderstand der Drahtseile an den Seilscheiben und an dem Korb zu berechnen. Das Gewicht einer leeren Tonne sei $= 500$ Pfd., das des Seiles ebenfalls $= 500$ Pfd., ferner der Durchmesser der Seilscheiben $= 6$ Fuß. Die mittlere Belastung des Seiltrumes mit der vollen Tonne ist hiernach:

$500 + 2000 + \frac{1}{2}\,500 = 2750$ Pfd.,

die des Seiles mit der leeren Tonne:

$500 + \frac{1}{2}\,500 = 750$ Pfd.

Hieraus ergiebt sich der Steifigkeitswiderstand bei Anwendung eines gewöhnlichen Freiberger Drahtseiles $= 10,4$ Pfd. und zwar für das Aufgehen des Seiles $= 7,6$ Pfd., und für das Niedergehen $= 2,8$ Pfd.

Es sei die Zapfenreibung, bei der Seilscheibe, auf welcher das Seil hinabgeht F_1, bei der andern F_2, die Steifigkeit bei der ersteren S_1 bei der zweiten S_2, die einen

Förderlast = Q, der Seilscheibenhalbmesser = r, der Zapfenhalbmesser derselben = ρ, das Gewicht der Seilscheibe sei = G, das des leeren Korbes = G_1 und das eines Seilstückes für die bestimmte Förderteufe = G_2, der mittlere Neigungswinkel endlich, der von der Seilscheibe nach dem Korbe führenden Seilstücke $\alpha = 45^\circ$; daher ist bei der ersteren Seilscheibe:

$$(Q + G_1 + \tfrac{1}{2} G_2 + S_1)\, r + F_1 \rho = P_1 r,$$

wo P_1 die Kraft ist, mit der das Seil vom Korbe aus gezogen werden muß; es ist aber:

$$F_1 = f R = f\left[0{,}89\,(Q + G + G_1 + \tfrac{1}{2} G_2 + P_1 \sin\alpha) + 0{,}49\, P_1 \cos\alpha\right],$$ daher

$$(Q + G_1 + \tfrac{1}{2} G_2 + S_1)\, r + f\rho\left[0{,}89\,(Q + G + G_1 + \tfrac{1}{2} G_2 + P_1 \sin\alpha) + 0{,}49\, P_1 \cos\alpha\right] = P_1 r$$

Hieraus ergiebt sich:

$$P_1 = \frac{(Q + G_1 + \tfrac{1}{2} G_2 + S_1)\, r + f\rho \cdot 0{,}89\,(Q + G + G_1 + \tfrac{1}{2} G_2)}{r - f\rho\,(0{,}89 \sin\alpha + 0{,}49 \cdot \cos\alpha}.$$

Für die zweite Seilscheibe ist:

$$(G_1 + \tfrac{1}{2} G_2 + S_2)\, r - F_2 \rho = P_2 r,$$ wo P_2 die Spannung des Seiles nach dem Korbe zu bezeichnet. Es ist ferner:

$$F_2 = f R_2 = f\left[0{,}89\,(G + G_1 + \tfrac{1}{2} G_2 + P_2 \sin\alpha) + 0{,}49\, P_2 \cos\alpha\right]$$ daher

$$(G_1 + \tfrac{1}{2} G_2 + S_2)\, r - f\rho\left[0{,}89\,(G + G_1 + \tfrac{1}{2} G_2 + P_2 \sin\alpha) + 0{,}49\, P_2 \cos\alpha\right] = P_2 r.$$

Hieraus ergiebt sich:

$$P_2 = \frac{(G_1 + \tfrac{1}{2} G_2 + S_2)\, r - f\rho\, 0{,}89\,(G + G_1 + \tfrac{1}{2} G_2)}{r + f\rho\,(0{,}89 \sin\alpha + 0{,}49 \cos\alpha}.$$

Setzt man nun in diesen beiden Gleichungen für P_1 und P_2:

$Q = 2000$ ℔; $G^0 = 600$ ℔; $G_1 = 500$ ℔;

$G_2^0 = 500$ ℔., $S_1 = 7,6$ ℔, $S_2 = 2,8$ ℔; $r = 36$ Zoll

$\rho = 1,5$ Zoll, $f = 0,1$; $\alpha = 45°$;

so ist:

$$P_1 = \frac{(2000 + 500 + \tfrac{1}{2} \cdot 500 + 7,6) \cdot 36 + 0,1 \cdot 1,5 \cdot \times}{36 - 0,1 \cdot 1,5\,(0,89 \cdot \sqrt{\tfrac{1}{2}} + 0,49\sqrt{\tfrac{1}{2}})}$$

$$+ \cancel{2757,6 \cdot 36 +} \; \frac{\times\, 0,89\,(2000 + 600 + 500 + \tfrac{1}{2}\,500)}{36 - 0,1 \cdot 1,5\,(0,89\sqrt{\tfrac{1}{2}} + 0,49\sqrt{\tfrac{1}{2}})}$$

$$P_1 = \frac{2757,6 \cdot 36 + 0,15 \cdot 0,89 \cdot 3250}{36 - 0,15\,(0,629 + 0,346)}$$

$$= \frac{99707,47}{35,853} = 2781 \text{ ℔. und}$$

$$P_2 = \frac{(500 + \tfrac{1}{2} \cdot 500 + 2,8)\,36 - 0,1 \cdot 1,5 \cdot 0,89\,(600 + 500 + \tfrac{1}{2} \cdot 5\ldots}{36 + 0,15\,(0,629 + 0,346)}$$

$$= \frac{752,8 \cdot 36 - 0,15 \cdot 0,89 \cdot 1350}{36,146}$$

$$= \frac{26920,575}{36,146} = 744,8 \text{ ℔.}$$

Da nun das auf den Korb sich wickelnde Seil mit einer Kraft $P_1 = 2781$ ℔ gespannt wird, so ist der Steifigkeitswiderstand, den das Seil dem Aufwickeln entgegensetzt:

$$S_3 = 1,04 + \frac{0,0806 \cdot 2781}{48}$$

$$= 1,04 + \frac{224,148}{48} = 5,71 \text{ ℔.}$$

Und da das sich vom Korb abwickelnde Seil mit einer Kraft $P_2 = 744,8$ ℔. gespannt wird, so ist der Widerstand, welchen dieses Seil der Steifigkeit wegen dem Abwickeln entgegensetzt:

$$S_4 = 1,04 + \frac{0,0806 \cdot 744}{48} = 1,04 + 1,25$$

$= 2,29$ ℔. und es ist demnach die Kraft, welche nöthig ist, den Korb ohne Rücksicht auf Zapfen- und Zahnreibung an seinem Umfange zu drehen =

$$P_1 + S_3 - (P_2 - S_4) = P_1 - P_2 + S_3 + S_4 =$$

$$= 2781 - 744,8 + 5,71 + 2,29 = 2044,2 \text{ ℔}.$$

Es ist nun noch die auf den Korbumfang reducirte Zapfen- und Zahnreibung am Korbe zu berechnen. Da die Kraft Kr, mit welcher die Zähne des Treibrades auf die des großen Rades auf die Korbwelle drückt, bei der einen Bewegungsrichtung des Korbes, die Zapfenreibung vermehrt, bei der umgekehrten aber um ebensoviel vermindert, so kann man um einen mittlern Werth für die Zapfenreibung zu erhalten, diese Kraft Kr ganz unberücksichtigt lassen.

Wenn nun G_3 das Gewicht der armirten Korbwelle, ϱ_1 den Zapfenhalbmesser der Korbwelle und r den Halbmesser des Korbes bezeichnet, so erhält man für die Zapfenreibung:

$$F_3 = \frac{f \varrho_1}{r} \{0,89 (G_3 - (P_1 + \cancel{S_3} + P_2 + \cancel{S_4}) \sin\alpha) + $$
$$+ 0,49 (P_1 + \cancel{S_3} + P_2 + \cancel{S_4}) \cos\alpha \},$$

nimmt man hierin $G_3 = 7000$ ℔, und den Zapfenstärke an der Korbwelle = 8 Zoll, so wird:

$$F_3 = 0{,}1 \cdot \frac{4}{12 \cdot 4}\left[0{,}89\,(7000-(2781+744{,}8))\frac{1}{2} + \right.$$
$$\left. + 0{,}49\,(2781+744{,}8)\frac{1}{2}\right]$$
$$= \frac{0{,}1}{12}(0{,}89 \cdot 4507{,}2 + 0{,}49 \cdot 2492{,}7)$$
$$= \frac{523{,}3}{12} = 43{,}6\ ℔.$$

Es ist folglich die Kraft, welche am Umfange des Korbes wirken muß = $2044{,}2 + 43{,}6 = 2087{,}8$. Ist nun der Durchmesser des Theilkreises an dem Zahnrade auf der Korbwelle = 7 Fuß, so ist die auf diesen Theilkreis reducirte Umdrehungskraft des Korbes =

$\frac{8}{7}(2044{,}2+43{,}6) = 2386{,}06$ ℔, woraus sich eine Zahnstärke:

$0{,}03\sqrt{2386{,}06} = 0{,}03 \cdot 48{,}847 = 1{,}46$ Zoll

also $1\frac{1}{2}$ Zoll ergiebt. Es ist also demnach die Anzahl der Zähne =

$\frac{12 \cdot 7\pi}{2{,}5 \cdot 1{,}5} = \frac{263{,}93}{3{,}75} = 70{,}4$, also 70 Zähne.

Da die Geschwindigkeit der Tour $3\frac{1}{2}$ Fuß sein soll, so muß der Korb pro min. 8 Umdrehungen machen. Die Kurbelwelle der Dampfmaschine macht aber 30 Umdrehungen pro min., es ist daher das nöthige Umsetzungsverhältniß = $\frac{30}{8} = \frac{15}{4}$ und die Anzahl der Zähne des Rades auf der Schwungradwelle:

$n_2 = \frac{4}{15} \cdot 70 = 4 \cdot \frac{14}{3} = \frac{56}{3}$, wofür man 19 annehmen kann.

Es ist nun die auf die Korbumdrehung reducirte Zapfenreibung:

$$F_4 = f \cdot \frac{7}{8}\pi\left(\frac{1}{70} + \frac{1}{19}\right) 2386{,}06$$
$$= 0{,}1 \cdot 3{,}142 \cdot 0{,}0679 \cdot 2087{,}8$$
$$= 44{,}54\ ℔.$$

Hiernach ergiebt sich nun die Kraft am Umfange des Korbes, welche im Stande ist die reine und Hindernißlast zu überwinden

$= 2087,8 + 44,5 = 2132,3$ ℔,

und die pro sec. zu verrichtende Arbeit =

$2132,3 . 3,5 = 7463,05$ Fußpfd

$= 14,63$ Pferdekräfte.

Da nun zur Überwindung der reinen Last $= 2000$ ℔. eine Arbeit von

$2000 . 3\frac{1}{2} = 7000$ Fußpfd

$= 13,8$ Pferdekräfte nöthig ist,

so ist der Wirkungsgrad des Göpels ohne Umtriebsmaschine:

$$\eta = \frac{13,8}{14,63} = 0,94$$

Wenden wir nun zum Betriebe dieses Göpels eine eincylindrische Hochdruckmaschine ohne Condensation und Expansion an, und nehmen wir an, daß der Dampf eine Spannung von $4\frac{1}{2}$ Atmosphären habe, so erhalten wir die pro sec. zu verbrauchende Dampfmenge:

$$Q = \frac{14,63}{0,36 . 14,87} = 2,73 \text{ Kbkfß.}$$

Hieraus ergiebt sich das pro sec. verbrauchte Speisewasserquantum,

$$M = \frac{2,73}{429} = 0,00636 \text{ Kbkfß.}$$

$= 0,00636 . 66 =$

$= 0,42$ ℔.,

und hiernach der Steinkohlenaufwand pro sec. $= \frac{0,42}{7,5} = 0,056$ ℔., also stündlich $= 202$ ℔.

Es ist ferner die Kolbengeschwindigkeit nach Ing. Tab. IV. Seite 584 = 37 Zoll, und der Inhalt der Kolbenfläche = $46,7 \cdot 2,73 = 127,49$ □ Zoll und hieraus der Durchmesser = 12,75 Zoll.

Da nun die Maschine 30 Spiele machen soll, so ist der Kolbenhub = 37,2 Zoll.

Die Größe der Heizfläche am Kessel = 137 □ Fuß. Hieraus lassen sich nun die Dimensionen des Walzenkessels auf folgende Weise berechnen: Nimmt man die Länge l gleich dem zehnfachen Halbmesser r des Kessels, so ist

$$r = 0,152\left(1 - 0,05 \cdot \left(\frac{h}{r}\right)^2\right)\sqrt{S},$$

wenn h die Höhe des Feuersegments und S die Heizfläche bedeutet. Nimmt man $h = r$, so ist

$$r = 0,152(1-0,05)\sqrt{137}$$
$$= 0,152 \cdot 0,95 \cdot 11,7$$
$$= 1,68 \text{ Fuß}.$$

Hiernach die Kesselweite = 3,36 Fuß, und die Länge des Kessels l = 16,8 Fuß.

Es ist ferner die Wandstärke des Kessels = 0,3 Zoll; und die Rostfläche = $\frac{137}{12}$ = 11,5 □ Fuß.

Endlich ist das Gewicht des nöthigen Schwungrades $G = \frac{100000 \cdot L}{n \cdot u \cdot c^2}$, wo L die Leistung der Maschine = 14,63 Pferdekraft, n den Grad der Ungleichförmigkeit = $\frac{1}{30}$ und c die mittlere Umfangsgeschwindigkeit des Rades bezeichnet; Nimmt man ein 12 Fuß hohes Schwungrad an, so ist

$$v = \frac{\pi . n . a}{30} = \frac{\pi . 30 . 6}{30} = 6\pi = 18{,}84 \text{ Fuß},$$

und hiernach das Gewicht

$$G = \frac{100000 . 14{,}63}{\frac{1}{30} . 30 . 18{,}84^2} = \frac{1463000}{18{,}84^2}$$

$$= 4120 \text{ Pfd}.$$

Hiernach wird die Breite des Schwungringes radial gemessen $= 0{,}31 \sqrt{\frac{4120}{6}} = 0{,}31 . 26{,}2$

$= 8{,}12$ Zoll, und

die Dicke desselben in der Achsenrichtung gemessen $= 4{,}06$ Zoll.