Aufgaben

aus der

Bergmaschinen-Lehre.

Bergakadem. Lehrcursus.
1841 / 1842.

P. M. Kressner.

1.

Um die Wassermenge, welche ein Gerinne von 0,75 m. Weite führt zu finden, hat man an der Stellung des 0,45 m breiten Schützbrettes folgendes vorgenommen. Erst wurde das Schützbrett ganz geschlossen, bis das Wasser 0,86 m. über der unteren Kante der Mündung und 0,95 m über dem Gerinneboden stand; dann wurde es um 0,275 m gezogen und in den Zeiträumen von

1 Sec., 2 Sec., 3 Sec., 4 S. 5 S. 6 S.

die Wasserstände über der Schwelle:

0,812; 0,742; 0,663; 0,591; 0,502; 0,391 m

beobachtet.

Endlich wurde das Schützbrett wieder geschlossen und beobachtet, daß die Zeit zum Steigen auf das erste Niveau 195 Secunden betrug. —

—

Es ist überhaupt das pro Secunde ausfließende Wasserquantum:

$$m = b_1 e \left(\sqrt{2gh + v_1^2}\right)$$

wo $b_1 = 0{,}45^m$; $e = 0{,}275^m$; h die jeder Secunde zukommende Druckhöhe, v_1 die Geschwindigkeit des ankommenden Wassers.

Es sei ferner v die Geschwindigkeit des ausfließenden Wassers und b die Breite des Gerinnes. So ist

<u>für die 1te Secunde</u>

$$v = \sqrt{2gh} = \sqrt{2 \cdot 9{,}81 \cdot 0{,}812} = \sqrt{15{,}9314} = 3{,}99^m$$

Nennen wir A den Querschnitt bei der Aufstauung vor dem Schützbrette und a den Querschnitt der Schützenöffnung, so ist

$$v_1 = \frac{av}{A} = \frac{b_1 e \cdot v}{A} = \frac{0{,}124 \cdot 3{,}99}{0{,}676}$$

$$= \frac{0{,}031 \cdot 3{,}99}{0{,}169} = 0{,}72^m$$

denn $A = b(h + 0{,}95 - 0{,}86)$

$= b(0{,}812 + 0{,}09) = 0{,}75 \cdot 0{,}902$

$= 0{,}676^m$.

$$m = 0{,}45 \cdot 0{,}275 \sqrt{15{,}93144 + 0{,}72^2} = 0{,}1237 \sqrt{16{,}4498}$$
$$= 0{,}1237 \cdot 4{,}055 = 0{,}502^{\text{cm}}.$$

für die <u>2te Trennung</u>:

$$v = \sqrt{2gh} = \sqrt{19{,}62 \cdot 0{,}742} = \sqrt{14{,}55804} = 3{,}87^{\text{m}}$$

$$v_1 = \frac{a \cdot v}{A} = \frac{0{,}124 \cdot 3{,}81}{0{,}75\,(0{,}09 + 0{,}742)} = \frac{0{,}4724}{0{,}6240}$$
$$= 0{,}75^{\text{m}}$$

$$m = 0{,}1237 \sqrt{14{,}55804 + 0{,}5625} = 0{,}123 \sqrt{15{,}12054}$$
$$= 0{,}1237 \cdot 3{,}888 = 0{,}482^{\text{cm}}$$

für die <u>3te Trennung</u>:

$$v = \sqrt{2gh} = \sqrt{19{,}62 \cdot 0{,}663} = \sqrt{13{,}00806}$$
$$= 3{,}606^{\text{m}}.$$

$$v_1 = \frac{a \cdot v}{A} = \frac{0{,}124 \cdot 3{,}606}{0{,}75\,(0{,}09 + 0{,}663} = \frac{0{,}44714}{0{,}56475}$$
$$= 0{,}79^{\text{m}}.$$

$$m = 0{,}1237 \sqrt{13{,}00806 + 0{,}6241} = 3{,}69 \cdot 0{,}1237.$$
$$= 0{,}457^{\text{cm}}$$

für die <u>4te Trennung</u>

$$v = \sqrt{2gh} = \sqrt{19{,}62 \cdot 0{,}591} = \sqrt{11{,}5954} = 3{,}405^{\text{m}}$$

$$v_1 = \frac{a \cdot v}{A.} = \frac{0{,}124 \cdot 3{,}405}{0{,}75 \cdot 0{,}681} = \frac{0{,}4222}{0{,}5107} = 0{,}83^{\text{m}}$$

$$m = 0{,}1237 \sqrt{11{,}5954 + 0{,}6889} = 0{,}1237 \cdot \sqrt{12{,}2843}$$
$$= 3{,}505 \cdot 0{,}1237. = 0{,}435^{\text{cm}}.$$

für die <u>5te Trennung</u>

$$v = \sqrt{2gh} = \sqrt{19{,}62 \cdot 0{,}502} = \sqrt{9{,}84924} = 3{,}14^{\text{m}}$$

$$v_1 = \frac{av}{A} = \frac{0{,}124 \cdot 3{,}14}{0{,}75 \cdot 0{,}592} = \frac{0{,}38936}{0{,}444}$$
$$= 0{,}87^{\text{m}}.$$

$$m = 0{,}1237 \sqrt{9{,}84924 + 0{,}7569} = \overset{0{,}1237}{\sqrt{10{,}60614}}$$
$$= 0{,}1237 \cdot 3{,}256 = 0{,}404^{\text{cm}}.$$

für die <u>6te Trennung</u>

$$v = \sqrt{2gh} = \sqrt{19{,}62 \cdot 0{,}391} = \sqrt{7{,}67142}$$
$$= 2{,}77^{\text{m}}$$

$$v_1 = \frac{av}{A} = \frac{0{,}124 \cdot 2{,}77}{0{,}75 \cdot 0{,}481} = \frac{0{,}34348}{0{,}36075} = 0{,}95^{\text{m}}$$

$m = 0,1237\sqrt{7,67142 + 0,9025}$

$= 0,1237\sqrt{8,57392} = 0,1237 \cdot 2,928$

$= 0,365^{cm}$

Demnach ist die innerhalb 6 Secunden zufließende Wassermenge:

$M = 0,502 + 0,482 + 0,457 + 0,435 + 0,404 + 0,363 = 2,643^{cm}$.

Dieselbe fließt binnen 195 Secunden wieder ab; es ist demnach die mittlere pr. sec. zurückkommende Wassermenge

$m_1 = \frac{2,643}{195} = \underline{0,0139^{cm}}$

[illegible]

2.)

Um die Wassermenge eines 35^m breiten Flusses zu finden, hat man Folgendes gemessen und gefunden:

Querprofil: 0 = $0,31^m$
1 = $1,54^m$
2 = $1,93^m$
3. = $1,46^m$
4 = $1,02^m$
5 = $0,67^m$
6. = $0,30^m$

Die Geschwindigkeiten in

I : 0,25 Meter
II : 0,64 ; 0,57
III : 0,72 ; 0,76 ; 0,69
IV : 0,59 ; 0,57 ; 0,53
V : 0,42 ; 0,39
VI : 0,31

Es ist die gesuchte Wassermenge

$$m = \frac{b}{2n}\left[(y_0 + y_1)v_1 + (y_1 + y_2)v_2 + (y_2 + y_3)v_3 + (y_3 + y_4)v_4 + (y_4 + y_5)v_5 + (y_5 + y_6)v_6\right]$$

wo $v_1 = 0,25^m$ $v_2 = \frac{0,64 + 0,57}{2} = 0,605^m$

$v_3 = \frac{0,72 + 0,76 + 0,69}{3} = \frac{2,17}{2} = 0,720^m$

$v_4 = \frac{0,59 + 0,57 + 0,53}{3} = \frac{1,69}{3} = 0,56^m$

$v_5 = \frac{0,42 + 0,39}{2} = \frac{0,81}{2} = 0,405^m$

$v_6 = 0,31^m$

also

$$m = \frac{35}{12}\Big[(0,31 + 1,54)\,0,25 + (1,54 + 1,93)\,0,603 + (1,93 + 1,46)\,0,72 + (1,46 + 1,02)\,0,56 + (1,02 + 0,67)\,0,405 + (0,67 + 0,30)\,0,31\Big]$$

$$= 2,916\,\big[0,213 + 2,099 + 2,441 + 1,389 + 0,684 + 0,301\big]$$

$$= 2,916 \cdot 7,127 = \underline{20,782}^{\,cm.}$$

3.)

Um das Wasserquantum der Rösche in der Lage ihrer Vereinigung mit derselben zu finden, nehmen wir folgende von den Candidaten Kratzner und Vogler gemachten Messungen zu Hülfe

Querprofile.	0.	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.
Umfänge in Rhein. Fuss	313	331.	303.	234.	221.	274	300	304	287.
Inhalte in Rhein. □ Fuss	1215	1173	950	695	992	1022.	1141.	1389	1386
Entfernungen in Rhein. Fuss	0.	300	600	900	1200	1500	1800	2100	2400
Gefälle in Rhein. Fuss	0	0,039	0,071	0,094	0,1105	0,125	0,163	0,209	0,257.

Das gesuchte Wasserquantum ist

$$m = -\frac{G}{2(E+F)} + \sqrt{\frac{h}{E+F} + \left[\frac{G}{2(E+F)}\right]^2}$$

wo $E = \frac{1}{2g}\left(\frac{1}{a_8^2} + \frac{1}{a_0^2}\right)$

$$G = \frac{\alpha l}{n}\left(\frac{u_0}{2a_0^2} + \frac{u_1}{a_1^2} + \frac{u_2}{a_2^2} + \dots + \frac{u_8}{a_8^2}\right)$$

$$F = \frac{\beta l}{n}\left(\frac{u_0}{2a_0^3} + \frac{u_1}{a_1^3} + \frac{u_2}{a_2^3} + \dots + \frac{u_8}{a_8^3}\right)$$

wenn $a_0, a_1, a_2, a_3 \dots a_8$ die Querprofile u. $u_0, u_1, u_2 \dots u_8$ deren Umfänge, $n-1$ die Anzahl der Querprofile ist, h das Gesammtgefälle u. l die Gesammtlänge ist. Es ist nun

$$E = \frac{1}{19,62}\left(\frac{1}{1386^2} + \frac{1}{1215^2}\right) = \left(\frac{1}{1920996} + \frac{1}{1476225}\right)\frac{1}{19,62}$$

$$= 0,0509\,(0,00000052 - 0,00000067)$$

$$= -0,0509 \cdot 0,00000015 = -0,00000000764.$$

[illegible] $A = 0,00002465$ u. $B = 0,00036587$

$L = 2400^{m.}$ [illegible]

$$G = \frac{0,00002465 \cdot 2400}{8}\left[\frac{313}{2952450} + \frac{331}{1375949} + \frac{303}{902500} + \frac{234}{483026} + \frac{221}{984064} + \frac{274}{1044484} + \frac{304}{1979321} + \frac{300}{1301851} + \frac{287}{3841992}\right]$$

$$= 0,007395\left[0,000106 + 0,000240 + 0,000335 + 0,000484 + 0,000224 + 0,000262 + 0,000230 + 0,000152 + 0,000074\right]$$

$$= 0,007395 \times 0,002107 = 0,0000155812\,7$$

$$F = \frac{0,00036587 \cdot 2400}{8}\left[\frac{313}{3587226750} + \frac{331}{1613964717} + \frac{303}{857375000} + \frac{234}{335702375} + \frac{221}{976191488} + \frac{274}{1067462648} + \frac{300}{1485446221} + \frac{304}{2679826869} + \frac{287}{5325000912}\right]$$

$$= 0,109761\left[0,000000087 + 0,000000205 + 0,000000353 + 0,000000697 + 0,000000226 + 0,000000256 + 0,000000202 + 0,000000113 + 0,000000054\right]$$

$$= 0,109761 \cdot 0,000002193$$

$$= 0,00000024071.$$

Demnach durch Substitution von E, F u. G in obige Gleichung für m erhalten wir:

$$m = -\frac{0,0000155812\,7}{2 \cdot 0,00000023397} + \sqrt{\frac{1,0685}{0,00000023307} + \left[\frac{0,0000155812\,7}{0,00000046614}\right]^2}$$

$$= -33,426 + \sqrt{4584459,6044 + 33,426^2}$$

$$= -33,426 + \sqrt{4585576,9019}$$

$$= -33,426 + 2141,396 = \underline{2107,97}^{cm.}$$

[illegible]

4.)

In einem Graben von 4 Meter Breite und 0,8 Meter mittlerer Tiefe, welcher p. s. 2,4 cm Wasser liefert, soll ein

Durchlaßwehre von 0,4 m Höhe hergestellt werden, welches dem Wasser eine Öffnung von 3 m Breite und 0,3 m Höhe übrig lassen soll; wie hoch wird sich das Wasser aufstauen?

Es ist, wenn keine Contraction stattfindet.

$m = b_1 e \sqrt{2gh + v_1^2}$ also

$m^2 = b_1^2 e^2 (2gh + v_1^2)$ ∴

$h = \frac{1}{2g}\left(\frac{m^2}{b_1^2 e^2} - v_1^2\right)$

wo $m = 2,4^{cm}$; $b_1 = 3^m$ $e = 0,3^m$;

$v_1 = \frac{v \cdot b_1 e}{b \cdot 0,8}$ insofern $b = 4^m$; $v = \frac{m}{b_1 e}$

$= \frac{2,4}{0,9} = 2,666..^m$;

†

$v_1 = \frac{2,666 \cdot 0,9}{4 \cdot 0,8} = \frac{2,3994}{3,2} = 0,749^m$

daher

$h = \left(\frac{5,76}{9 \cdot 0,09} - 0,561001\right)\frac{1}{19,62} = \frac{6,5501}{19,62}$

$= \underline{0,334^m}$

5.)

In einem 80 m. ~~Fuß~~ Fuß breiten und 4 m ~~Fuß~~ tiefen Flusse, welcher jeder Secunde 1400 cm ~~Cubikfuß~~ Wasser fortführt, soll durch ein Ueberfallwehr das Wasser 2 m ~~Fuß~~ höher gestauet werden: wie hoch wird man dieses Wehr machen müssen, wenn es mit dem Flusse einerlei Breite erhalten soll? Welches wird ferner die Aufstauung bei 500, 1000, 1500, 2000 Fuß u. s. w. oberhalb des Wehres sein?

Für die Wehrhöhe c_1 haben wir folgende Gleichung

$$c_1 = h + \frac{v_1^2}{2g} - \left[\frac{3m}{2b_1\sqrt{2g}} + \left(\frac{v_1^2}{2g}\right)^{\frac{3}{2}}\right]^{\frac{2}{3}}$$

wo $h = 2^m$ ~~Fuß~~, $b_1 = 80^m$ ~~Fuß~~ $m = 1400^{cm}$ ~~Cbf~~ ist

$v_1 = \frac{m}{b_1(c+h)} = 2,916$ wo $c = 4^m$ ~~Fuß~~ ist und

$c + c_1$ die gesuchte Wehrhöhe.

$$c_1 = \frac{m - \frac{2}{3} b \sqrt{2g}\left[\left(h + \frac{v_1^2}{2g}\right)^{\frac{3}{2}} - \left(\frac{v_1^2}{2g}\right)^{\frac{3}{2}}\right]}{b_1 \sqrt{2gh + v_1^2}}$$

$$c_1 = \frac{1400 - \frac{2}{3} 80 \sqrt{19,62}\left[\sqrt{\left(2 + \frac{2,916^2}{19,62}\right)^3} - \sqrt{\left(\frac{2,916^2}{19,62}\right)^3}\right]}{80 \sqrt{19,62 \cdot 2 + 2,916^2}}$$

$$= \frac{1400 - 236,213\left[\sqrt{(14,402124)} - \sqrt{(0,081153)}\right]}{80 \cdot \sqrt{(47,743056)}}$$

$$= \frac{1400 - 236,213\left[3,795 - 0,285\right]}{80 \cdot 6,909} = \frac{1400 - 829,108}{552,72}$$

$= \frac{570,892}{552,72} = 1,033^{m}$ ~~Fuß~~ also die

Stauhöhe $c - c_1 = 4 - 1,033 = 2,967^{m}$ ~~Fuß~~

Um die Stauhöhen bei 500, 1000, 1500 m ~~Fuß~~ Entfernung oberhalb des Wehres zu finden, hat man

$y = \left(1 - \frac{x}{l}\right)^2 h$, wo y die gesuchte Stauhöhe ist; l die Stauweite und x nach einander $= 500, 1000, 1500$ Meter zu setzen ist u. h die Stauhöhe $= 2$ Meter.

l ist nun aber

$$l = \frac{2h}{(Av_1 + Bv_1^2)\frac{u}{a}}$$

wo $u = 80 + 2 \cdot 6 = 92^{m}$; $a = 80 \cdot 6 = 480 \square^{m}$ u. $v_1 = 2,916^{m}$; $A = 0,00002465$ u. $B = 0,00036557$; also

$$l = \frac{4 \cdot 480}{(7188 + 0,00311099)92} = \frac{480}{0,073206}$$

$= 6556,83^{m}$ Stauweite

$$y = \left(1 - \frac{500}{6556,83}\right)^2 \cdot 2 = 2(1 - 0,0762)^2 = 1,707^{m}$$

= Stauhöhe in 500^{m} Entfernung

$$y = \left(1 - \frac{1000}{6556,83}\right)^2 \cdot 2 = 2(1 - 0,1524)^2 = 1,438^{m}$$

= Stauhöhe in 1000^{m} Entfernung

u.

$$y = \left(1 - \frac{1500}{6556,83}\right)^2 \cdot 2 = 2(1 - 0,2286) = 1,189^{m}$$

bei 1500^{m} Entf.

$$y = \left(1 - \frac{2000}{6556,53}\right)^2 \cdot 2 = 2(1 - 0,3048)^2 = 0,966^m$$

bei 2000 m. Entfernung

$$y = \left(1 - \frac{3000}{6556,13}\right)^2 \cdot 2 = 2(1 - 0,4572)^2 = 0,590^m$$

bei 2500 m. Entf.

$$y = \left(1 - \frac{4000}{6556}\right)^2 \cdot 2 = 2(1 - 0,6096)^2 = 0,304^m$$

bei 4000 m Entfg

$$y = \left(1 - \frac{5000}{6556,3}\right)^2 \cdot 2 = 2(1 - 0,762)^2 = 0,113^m$$

bei 5000 m Entfg

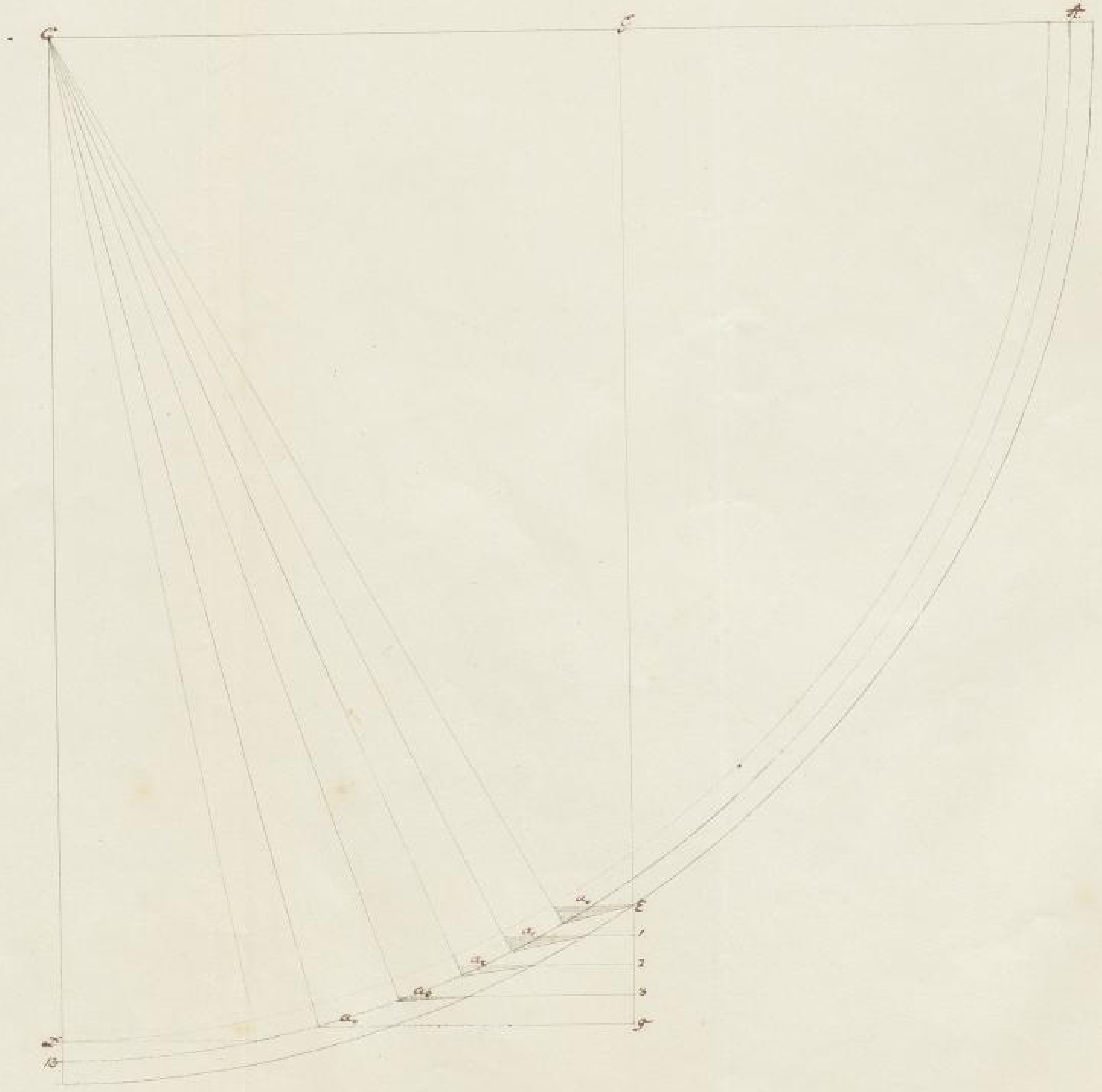
$$y = \left(1 - \frac{6000}{6556,3}\right)^2 \cdot 2 = 2(1 - 0,9154)^2 = 0,014^m$$

bei 5500 m Entfg.

[illegible]

[illegible] 42.

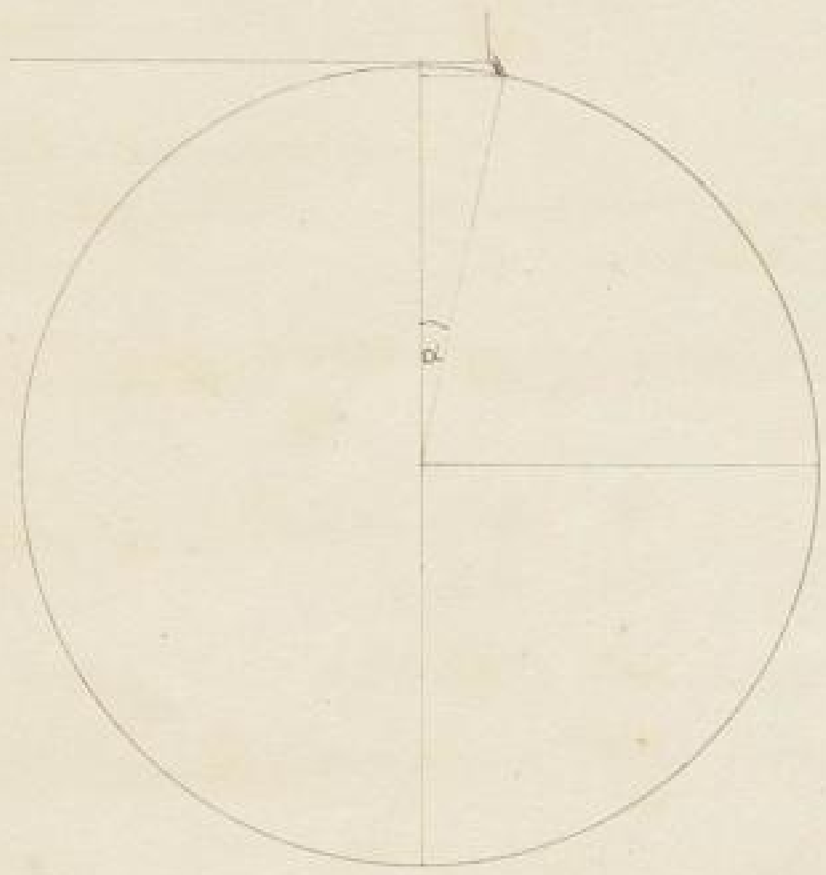
[illegible]


C
A
E
1
2
3
B

6.,

Es ist für ein Wasserquantum von 4,75 cm. pro Minute und für ein Gefälle von 12 m. die Anordnung und Berechnung eines oberschlägigen Wasserrades zu machen, welches pro Minute 5 Umdrehungen macht.

Da es am vortheilhaftesten ist, wenn das Wasser ohne Stoß in das Rad einfallen, so können wir mit Hülfe dieser Bedingung den Radhalbmesser (mittl.) R wie folgt finden:



$$\sqrt{2gh} = \frac{R \cdot \pi \cdot u}{30}$$

wo h. die Fallhöhe bis zum Einfallspunkte u die Umdrehungszahl pr. min. ist; aber wenn wir dem Rade 96 Schaufeln geben und das Wasser in der 3ten Schaufel vom Scheitel einfallen soll:

$$\sqrt{[12 - R(1 + \cos\alpha)]2g} = \frac{R\pi u}{30}$$

$$[12 - R(1 + \cos\alpha)]2g = \frac{R^2\pi^2 u^2}{900}$$

$$[12 - R(1 + \cos\alpha)]\frac{1800\,g}{25\pi^2} = R^2$$

$$2 \cdot \alpha = \frac{360^\circ}{32} = 11^\circ\,15'$$

$$R^2 + \frac{72g}{\pi^2}R(1 + 0{,}98078) = 864\,\frac{g}{\pi^2}$$

$$R^2 + 716{,}3\,R \cdot 1{,}9808 = 859{,}56$$

$$R = -70{,}94 \pm \sqrt{559{,}56 + 5032{,}4836}$$

$$R = -70{,}94 \pm \sqrt{5592{,}0436}$$

$$= -70{,}94 \pm 76{,}78$$

$$= 5{,}84^{m.}$$

Nehmen wir für die Höhe des Kranzes $0{,}25^{m}$ an, so erhalten wir für die Kranzweite (lichte)

$$w = \frac{4M}{D \cdot b \cdot u \cdot \pi}$$

wenn M. d. Aufschlagwasserquantum und D der Raddurchmesser ist.

$$w = \frac{4 \cdot 4{,}75}{11{,}68 \cdot 0{,}25 \cdot 5 \cdot 3{,}141}$$

$$= \frac{19}{45{,}84} = 0{,}415 \text{ Meter}.$$

Es gehen pro Minute u. 96 = 480 Schaufeln unter der Schützenöffnung vorbei und theilen sich in das Aufschlagwasser pro Minute = $4^{m},75$; so erhält somit jede Zelle

$$= \frac{4,75}{480} = 0,009896 \text{ Cub. Met.}$$

$$= 9,896 \text{ Cub. Decim.}$$

Und da die lichte Weite des Kranzes b, d. i. die Länge der Zellen = 0,415 Meter = 4,15 Decim. ist, so ist der Querschnitt des wasserfassenden Theiles jeder Schaufel vor Beginn des Ausgusses =

$$= \frac{9,896}{4,15} = 2,384 \; \square \text{ Decim.}$$

Es ist nun ohne Berücksichtigung der Nebenhindernisse die mechanische Arbeit des Rades.

$$Pc = 1000(h_1+h_2)m + \frac{1000 h_3 m}{12a_0}\left[a_0 + 4(a_1+a_3) + 2a_2\right]$$

wo $h_1 = CB - BD = 5,84 - 0,125 = 5,715$ Meter

$h_2 = EG = 5$ Met.

$h_3 = GF = 0,675$ Met.

$m = \frac{4,75}{60} = 0,0792$ Cub.met.

$a_0 = 0,0238 \; \square$ Met.

$a_1 = 0,445 \cdot \frac{0,08}{2} = 0,0178 \; \square$ Met.

$a_2 = 0,43 \cdot \frac{0,66}{2} = 0,0142$ "

$a_3 = 0,4 \cdot \frac{0,028}{2} = 0,0056$ "

und

$$Pc = 848,628 + \frac{53,46}{0,2856} \cdot 0,1458$$

$$= 848,628 + 27,291 =$$

$$= 875,919 \text{ Met.-Kilogr. p. Secund.}$$

Davon geht ab: für die Zapfenreibung $= f(G+W)$ wo G das Gewicht des Rades, welches wir 16000 Kilogr. annehmen können u. W das des Wassers ist

$$W = 1000\,q\left[n + \frac{n_1\left(a_0 + 4(a_1+a_3) + 2a_2\right)}{12a_0}\right]$$

Hierin ist

n die Anzahl der gefüllten Schaufeln = 32

n_1 " " " zum Theil gefüllten Schaufeln = 4

q die Wassermenge einer vollen Schaufel = 0,009896 Cub. Met. ist demnach

$$W' = 9,596\left(32 + \frac{0,1458}{0,0714}\right)$$
$$= 9,89 \cdot 34,04$$
$$= 437,05 \text{ Kilgr.}$$

also das mechanische Moment der Reibung

$$= \frac{\pi n \cdot d}{60} f\,(G + W')$$

wofern d. der Zapfendurchmesser = 0,12 Met. ist

$$= \frac{15,705 \cdot 0,12}{60} \cdot 0,08\,(16000 + 438)$$

$$= 0,0314 \cdot 1315,04 = 40,11 \text{ Met. Kilogr.}$$

Demnach bleibt

$$P_r = 875,92 - 40,11 = 835,81 \text{ Met. Kilogr.}$$

und man erhält für den Wirkungsgrad

$$= \frac{P_r}{h \cdot mg} = \frac{835,81}{12 \cdot \frac{475}{60} \cdot 1000} = \frac{835,81}{950} = 0,88.$$

7.

Es soll dieselbe Aufgabe für eine Turbine gelöst werden, wenn das Wasserquantum 15 cm p. m. und das Gefälle $1\frac{1}{2}$ m. ist, und die Maschine p. m. 100 Umdrehungen machen soll.

Für das Gefälle $h = 1\frac{1}{2}$ m. ist die Ausflussgeschwindigkeit des Wassers aus den Leitschaufeln

$$c = \sqrt{2gh} = \sqrt{1,5 \cdot 19,6176} = \sqrt{29,4264} = 5,42^{m}$$

Nennen wir α den Winkel, welchen die Leitcurven an ihren äußeren Enden mit der Tangente des Kreises an diesen Punkten einschließen; m das Aufschlagquantum p. Sec. $= \frac{15}{60} = 0,25$ cm, so ist die ringförmige Schützöffnung

$$a = \frac{m}{c \sin\alpha} = 2\pi r e$$

wo ferner r der innere Radius des Rades ist u. e die Höhe des Kranzes.

Es folgt hieraus

$$r = \frac{m}{2\pi e \cdot c \sin\alpha}.$$

Es sei ferner δ der Winkel, den die

Schaufelenden mit den Tangenten der äusseren Radperipherie bilden = 15°; R der äussere Halbmesser des Rads; v die Geschwindigkeit der inneren Radperipherie in Folge der Umdrehungen desselben p. m.; u_1 die absolute Wassergeschwindigkeit des Austritts aus dem Rade so ist nun

$$u_1 = \cos\delta \sqrt{c^2 + \left(\frac{Rv}{r}\right)^2 - 2cv\cos\alpha}$$

Da nun die Geschwindigkeit des Rades an seiner äusseren Peripherie

$$\frac{Rv}{r} = u_1 \cos\delta$$

sein muss, wenn die Arbeit des Wassers möglichst vollständig benutzt werden soll, so folgt daraus für den äusseren Radumfang

$$= \frac{m}{c\frac{Rv}{r\cos\delta}\sin\delta} \text{ etc.}$$

$$R = \sqrt{\frac{mr}{2\pi e r\, tg\,\delta}} \quad \text{und da } m = \frac{r}{2\pi e c \sin\alpha}$$

$$R = \sqrt{\frac{mr}{2\pi e r\, tg\,\delta}} = r\sqrt{\frac{c\sin\alpha}{r\tan\delta}} \quad \text{es folgt daher}$$

$$\cos\alpha = \frac{c^2 - \left(\frac{R}{r} v\, tg\,\delta\right)^2}{2cv} = \frac{c^2 - cv\sin\alpha\, tg\,\delta}{2cv}$$

$$= \frac{c - v\sin\alpha\cdot tg\,\delta}{2v}$$

und da

$$v = \frac{2\pi r u}{60} = \frac{\pi u}{30}\cdot r = \frac{\pi u}{30}\cdot\frac{m}{2\pi e c\sin\alpha}$$

$$\cos\alpha = \left(c - \frac{um\, tg\,\delta}{60ec}\right)\frac{30\cdot ec\sin\alpha}{u\cdot m} \quad \text{d. h.}$$

$$\cot\alpha = \frac{30ec^2}{um} - \frac{tg\,\delta}{2}$$

$$= \frac{30\cdot 29{,}64\cdot 0{,}1}{25} - \frac{tg\cdot 15^\circ}{2} = 3{,}557 - 0{,}134 = 3{,}423$$

$$\therefore \alpha = 16^\circ\, 17'$$

$$r = \frac{m}{2\pi e c\sin\alpha} = \frac{0{,}25}{6{,}282\cdot 0{,}1\cdot 5{,}44\cdot \sin 16^\circ 17'}$$

$$= \frac{0{,}25}{0{,}957} = 0{,}261^{m}$$

nun ist

$$v = \frac{\pi u r}{30} = \frac{314{,}2\cdot 0{,}261}{30} = \frac{82{,}006}{30} = 2{,}733^{m}$$

$$R = r\sqrt{\frac{c\sin\alpha}{v\, tg\,\delta}} = 0{,}261\cdot\sqrt{\frac{5{,}44\cdot\sin 16^\circ 17'}{2{,}733\cdot tg\cdot 15^\circ}}$$

$$= 0{,}377^{m}$$

Und das Moment der Arbeit

$$Pv = \left[\frac{c^2 - (v_1 \, tg\, \delta)^2}{2g}\right] mg = \left[\frac{c^2 - \left(\frac{R}{r} v \, tg\, \delta\right)^2}{2g}\right] mg$$

$$= \left[\frac{5,42^2 - \left(\frac{0,377}{0,261} \cdot 2,733 \cdot tg\, 15^\circ\right)^2}{2 \cdot 9,8088}\right] 0,25 \cdot 1000$$

$$= \left[\frac{29,37 - (3,935 \cdot 0,2673)^2}{19,6176}\right] 250$$

$$= \left(\frac{29,37 - 1,10628}{19,617}\right) 250 = \frac{28,488}{19,617} \cdot 250 = \frac{706,6}{19,617}$$

$$Pv = 360,51 \, ^{m \cdot Kil}$$

Davon geht ab die Zapfenreibung des Rades; der Zapfen sei halbkugelförmig, dieser halbkugelförmige Theil sei ganz eingelassen in das Zapfenlager; und habe zum größten Halbmesser $\rho = 0,04^m$. Das Gewicht R des ganzen Rades, sammt das in ihm enthaltenen Wasser $= 1400$ Kil.; so ist die mechanische Arbeit der Zapfenreibung

$$= \frac{11}{7} f \cdot R \cdot \rho \cdot \frac{\pi \rho u}{30} = \frac{110}{21} f R \rho^2 \pi$$

$$= \frac{110}{21} \cdot 0,054 \cdot 1400 \cdot 0,4^2 \cdot 3,142 = 2,95 \, ^{m\, Kil}$$

Demnach bleibt als reine mechanische Leistung des Rades.

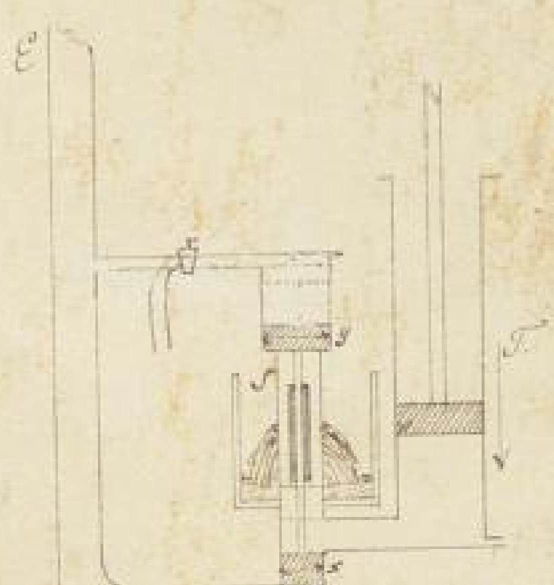
$$Pv = 362,997 - 2,95 = 360,047 \, ^{m\, Kil}$$

und der Wirkungsgrad der Maschine

$$= \frac{Pv}{mhg} = \frac{360,047}{1000 \cdot 1,5 \cdot 0,25} = \frac{360}{375} = 0,96.$$

8.

Es ist diese Aufgabe für eine vierstiefelige einfache Wassersäulenmaschine zu lösen, wenn dieselbe p. m. $4\frac{1}{2}$ Spiel machen soll, das Wasserquantum p. m. $\frac{3}{4}$ Cubikmet. und das Gefälle 90^m ist.



Wir nehmen an, daß eine Hubhöhe s von $1,5^m$ erfordert werde. Der innere Durchmesser des Treibcylinders sei D, so ist das Wasserquantum p. m. $= \frac{D^2 \pi}{4} \cdot s n = m$ wenn n die Zahl der Spiele (Hübe) ist.

Demnach

$$D = \sqrt{\frac{4m}{\pi s n}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,75}{3,142 \cdot 1,5 \cdot 4,5}} = \sqrt{\frac{3}{21,208}}$$

$$= \sqrt{0,1414} = 0,376^m.$$

Die Geschwindigkeit des Kolbens

$$v = \frac{2 \cdot 4{,}5 \cdot 1{,}5}{60} = \frac{2ns}{60} = \frac{2 \cdot 4{,}5 \cdot 1{,}5}{60}$$

$$= \frac{13{,}50}{60} = 0{,}225.$$

Zur Weite der Einfallröhre und des oberen Theils des Treibcylinders nehmen wir an $d = \frac{D}{2} = 0{,}188^m = x$

Hiernach bestimmt sich die Weite des ~~größeren~~ oberen Treibcylinders (y)

$$y = \frac{7}{5}x = \frac{7}{5} \cdot 0{,}188 = 0{,}263^m.$$

Das reine mechanische Kraftmoment für jedes Spiel ist

$$P_s = mHg$$

wo m das Aufschlagwasser pro Spiel ist, H die Druckhöhe $= 90^m$.

Von dieser Druckhöhe kommen jedoch zur Ueberwindung der Nebenhindernisse folgende Druckhöhen h_1, h_2, h_3 etc. in Abzug.

1.) für die Reibung des Treibekolbens.

$$h_1 = \frac{4fbH}{D}$$

wo b die Höhe der Kolbenliederung $= 0{,}1^m$, $f = 0{,}12$ zu nehmen ist, wofern die Liederung von Leder, der Cylinder von Gußeisen ist und Schmiere angewendet wird.

$$h_1 = \frac{4 \cdot 0{,}12 \cdot 0{,}1 \cdot 90}{0{,}376} = \frac{4{,}32}{0{,}376} = 11{,}463$$

2.) Durch die Reibung des Wassers in den Röhren.

$$h_2 = 0{,}0009267 \cdot \frac{l v_1^2}{d}$$

wenn v_1 die Geschwindigkeit des Wassers am unteren Ende der Einfallröhre ist und l die Länge derselben. Da nun

$\frac{v_1}{v} = \frac{D^2}{d^2}$ also $v_1^2 = \frac{D^4}{d^4} v^2$ ist, so haben wir

$$h_2 = \cancel{0{,}00137}\ 0{,}0009267 \cdot \frac{l \cdot D^4 \cdot v^2}{d^5} = 0{,}0009267 \cdot \frac{90 \cdot 0{,}376^4 \cdot 0{,}225^2}{0{,}188^5}$$

$$= 0{,}35917^m.$$

3.) erleidet das Wasser einen Widerstand an den beiden Krümmungen, wo der Communicationskanal die Einfallröhre mit dem Treibcylinder verbindet. Dieser erfordert zur Ueberwindung

$$h_3 = k \cdot \sin\alpha^2 v_1^2 = \frac{k \cdot D^4 v^2 \sin\alpha^2}{d^4}$$

wo k nach Du Buat $= 0{,}0123$ u. α der

Ausmündungswinkel = 45° ist; sonach $\sin\alpha^2 = \left(\frac{1}{2}\sqrt{2}\right)^2 = \frac{1}{4}\cdot 2 = \frac{1}{2}$; also

$$h_3 = \frac{0{,}0123 \cdot 0{,}376^4 \cdot 0{,}225^2 \cdot 0{,}5}{0{,}118^4} = 0{,}0346^{m}$$

und der dritte Druckhöhenverlust

$$= 0{,}0692^{m}$$

4. Hiezu kommt ein Verlust in Folge der zu überwindenden Trägheit der gesammten Wassermasse, indem dieselbe aus der Ruhe in die Geschwindigkeit v übergehen muss.

$$h_4 = \frac{2 l \cdot D^2 v^2}{g \cdot s \cdot d^2} = \frac{180 \cdot 0{,}376^2 \cdot 0{,}1125^2}{1{,}5 \cdot 0{,}158^2 \cdot 9{,}801}$$

$$= \frac{0{,}32207}{2{,}7865} = 0{,}464^{m}$$

Es bleibt nach Abzug aller dieser Widerstandshöhen, sonach

$$P_s = mg\left(H - (h_1 + h_2 + h_3 + h_4)\right)$$

$$= \frac{0{,}75}{4{,}5} 1000 \left(90 - (11{,}463 + 0{,}359 + 0{,}069 + 0{,}464)\right)$$

$$= 166{,}6\,(90 - 12{,}355)$$

$$= 166{,}6 \cdot 77{,}645 = 12935{,}6^{\,m\,Kil}$$

Hievon geht nun endlich noch das auf die Steuerung zu verwendende Kraftmoment ab; dieses beträgt, wenn die ~~Kolben~~ Hubhöhe = 0,2 m, die Öffnung des Communicationsrohres = 0,15 m, also der Steuerkolbenhub = 0,2 + 0,15 = 0,35 m ist.

$$P_{s_1} = \frac{H \cdot \pi y^2 \cdot s_1}{4} =$$

$$= \frac{90000 \cdot 3{,}142 \cdot 0{,}263^2 \cdot 0{,}35}{4}$$

$$= \frac{6845{,}85}{4} = 1711{,}46^{\,m\,Kil}$$

Es bleibt also an mechanischer Arbeit der Maschine

$$= 12935{,}6 - 1711{,}46 = 11224{,}20^{\,m\,Kil}$$

Da nun das in dem Wasser liegende Kraftmoment pr. Spiel

$$= mgH$$

$$= \frac{3}{18} \cdot 90000 = \cancel{} = \cancel{149837}\; 15000^{\,m\,Kil}$$

ist

Es folgt der Wirkungsgrad der Maschine

$$\varepsilon = \frac{P.s}{mgH} = \frac{11224,2}{15000} = 0,75.$$

Berechnung des Wasser-Göpels des Grubengebäudes Mathias Fdgr. bei Brand.

A. Kurze Beschreibung des Wasser-Göpels.

Lage der Grube

Das Berggebäude Mathias Fundgrube liegt in einstündiger mittäglicher Entfernung von Freiberg, in der Nähe des Dorfes, 10 Minuten von dem Städtchen Brand in Abend, unmittelbar an dem, der grossen Striegis zufliessenden Bach. Die bei dieser Grube anfahrende Mannschaft beträgt 48 Mann.

Allgemeine Verhältnisse der Grube.

Die Baue dieser Grube erreichen erst 10,83 Lachter unter 4ter Gezeugstrecke, woselbst gegenwärtig das unbelegte Ablaufen des Kunst- und Förderschachtes anstatt dem früheren Stehenden Gange ansteht, zu durchsetzt. Die Hauptgänge, auf denen jedoch gegenwärtig nur über 1ter und 2ter Gezeugstrecke Abbaue umgehen, sind der Kirchner Stehende, auf welchem der Kunst- und Treibeschacht niedergebracht ist, und der Dornstreicher Spat; sie setzen im Gneus auf, haben mittlere Mächtigkeit und sind von quarziger Gangart in denen die nur edlen Geschicke sparsam und fein eingesprengt sich vorfinden; an beiden Salbändern sind sie fast stets von einem aus aufgelöstem Gneus und Letten bestehenden oft mehrere Zoll mächtigen Besteg begleitet, der vermöge seiner äusseren ähnlichen

Gebräuchlichkeit die Gewinnungsarbeiten festzustellen auf Schrämen und Wegfüllen zu beschränken erlaubt. Es folgt aber auch hieraus, daß die Fördermasse, zumal wo der Gang viel Wasser mit sich führt, wie meist der Fall ist, einer kleinbrüchigen gallschlammigen Beschaffenheit hat und außerordentlich in das Gewicht fällt.

Verhältnisse des Treibeschachtes. In dem Kunst- und Treibeschacht, dem einzigen Tageschachte der Grube, bringen die Stollen und Gezeugstrecken folgende Teufen ein.

		flach	saiger
Von Hängebank	bis auf Halsbrücker Stolln	= 32,24 Lr.	30,1 Lr.
Vom Halsbrücker Stolln	bis 1te Gezeugstr.	= 19,59 ·	18,3 ·
Von 1ter Gezeugstr.	bis 2te Gezeugstr.	= 18,96 ·	16,5 ·
- 2te -	3te	= 21,48 ·	19,2 ·
- 3te -	4te	= 19,20 ·	18,7 ·
- 4te -	Tiefstes	= 10,03 ·	9,8 ·

Unregelmäßigkeiten lassen sich in dem Schachte nicht wahrnehmen, bis auf drei nicht sehr bedeutende Brüche im Fallen desselben. Der Schacht fällt nämlich nach Mittag Abend und zwar:

Vom Tage herein bis 5 Lachter über 1ter Gezeugstr.	= 68°
Von da bis 9 Lachter unter 1ter	62°
— — 6 - über 3ter	58°
— — bis Tiefstes	76°

Einrichtung des Wassergöpels im Allgemeinen. Die Förderung des in der Grube Gewonnenen geschah bis zum Jahre 1838 durch einen Pferdegöpel, an dessen Stelle aber im genannten Jahre ein Wassergöpel gebaut wurde, mit welchem im Quartal Reminiscere 1839 zum ersten Mal getrieben wurde; derselbe ist der Gegenstand vorliegender Arbeit. Seine Construc-tion hat nichts Abweichendes von der in der Freiberger Revier allgemein üblichen der Wassergöpel. Der Seilkorb, die Seilscheiben und die Sturzvorrichtung, sowie die Hängebank des Schachtes befinden sich in einem massiv in Stein aufgeführten 19,8 m langen, 14,7 m breiten und bis zur Dachaufbildung 7,9 m hohen Gebäude mit einem 12 m hohen mit Ziegeln gedeckten hohen Dach. Es birgt seiner länglichen Dimension nach verhältnißmäßig gegen das Treiben zu [illegible] [illegible] und umschließt außer dem 13,6 m langen u. 7,6 m breiten Treibraum, welcher bedeckte Theile des Göpels umfaßt und zunächst der südöstl. Stirn- und südwestl. Giebelseite des Gebäudes liegt, noch 3 andere Räume in sich; nämlich 1.) die Setz- und Scheidestube 2.) die Scheidebank und 3.) den Pochwerkraum; der letztere nimmt mit dem Treibraum die ganze südöstl. Stirnseite des Gebäudes ein, während die beiden Aufbereitungswerkstätten an der nordwestl. Frontseite liegen. Das Dach hat drei Böden, jeden zu 4 m Höhe.

In dem Treibraume ist an der südwestlichen Giebelseite zunächst die Hängebank des Schachtes, welcher hier 2,6 m lang ist, - und in dem nordwestl. kurzen Stoße den Fahrschacht hat; in 1,8 m Höhe über Treibhaussohle ist die Sturzvorrichtung und in gleicher Höhe aber 9,6 [illegible] in [illegible] von der Hängebank zurück befindet sich das Seilkorbmittel; 7,4 m über dem letzteren, jedoch um 4,6 m seitlich gegen

Entfernung nach der Hängebank zu hängen die beiden, um 1,3 m von einander abstehenden Seilscheiben; von diesen läuft das nordwestliche Seiltrum, an welchem die Tonne der Stoßseite hängt, unter 75°; das südöstl. Trum unter 68° zum Korbe Gewerb.

Das Kehrrad.

Das Mittel des Kehrrades, welches vollkommen seiger unter dem Kaue-haus, befindet sich 25,5 m unter dem Kerberstollnmittel und 2 besondere Aufschlagsschächte gehen von dem Selbigen zu demselben nieder.

Das Kehrrad erhält seinen Aufschlag durch die vom Sonnenwirbler Pochrad abfallenden Wasser, die theils in offenen Gräben, theils röschweise und in Gerinnstücken bis über das oberschlächtige Kehrrad geführt werden. Das Kehrrad hat doppelte Schaufelung, ist 6,232 m hoch von Scheitel bis Fuß. Die Radwelle ist 4,6823 m lang und bis auf den 0,283 m langen entsprechend ablaufenden Zapfen runden Hülse, vierseitig und 0,732 m im Quadrat stark; ferner 2 vierseitigen und 2 runden, 0,07 m breiten und 0,046 m starken eisernen Ringen gebunden. Die beiden äußeren Reifen des doppeltgeschaufelten Kranzes werden von zwei Kranzarmen getragen, welche auf einem 0,0944 m starken Futter von Pfosten aufsitzen und deren resp. Hauptarme in der Welle 0,259 u. 0,283 m, am Kranze 0,189 u. 0,212 m Stärke haben. Die Riegelstücken sind 0,8028 m lang u. 0,283 u. 0,3304 m stark. Die 16 Schaufeln sind 5,3878 lang, 0,1416 m u. 0,1652 m stark.

Die äußeren Reifen des Kranzes sind 0,236 m hoch u. 0,1416 m breit; während der mittlere Kranz, an welchem die Zacken des stehenden Kranzes angreifen, 0,2832 m hoch und 0,2124 m breit ist. Der Boden des Radkranzes besteht aus 0,029 m starken Spundbrettern.

Die Zahl der hölzernen Schaufeln ist 108, und bestehen aus einem 0,106 m langen Riegel und 0,425 m langen Stoßschaufel, beide von 0,0236 m Stärke; die ~~sich~~ unter einem Neigungswinkel von 67½° zusammenstoßen, so daß der Theilkreis ungefähr in $\frac{2}{5}$ der Kranzhöhe zu liegen kommt. 16 Stück Hängenägel dienen zur weiteren Befestigung des Kranzes, der überdieß von 16. 1,88 m langen und 0,3305 m u. 0,1416 m starken Armhölzern, an den Armenden unmittelbar unter dem Boden des Kranzes befestigt, getragen werden.

Das Aufschlaggerinne liegt ~~ab~~ 0,283 m über dem Scheitel des Rades und führt den Aufschlag durch ein ~~unter~~ 51° gegen den Horizont geneigtes Schußgerinne in die 5te Schaufel des Rades ein; das Ab- und Anstellen des Rades erfolgt durch gewöhnliche, vertikal stehende Zugschützen; die Weite des Gerinnes vor denselben ist 0,33 m; hinter denselben, durch 2 seitlich angebrachte Backen verengt, 0,224 m.

Vorgelege.

Die Kehrradwelle, ebensowie die Korbwelle ist mit doppeltgekröpften Krummzapfen ausgerüstet, an welchen 4 Schleppstangen hängen, die die Bewegung der Radwelle auf die Korbwelle übertragen. Die

Zapfen sowohl als die Warzen dieser gußeisernen Krummzapfen haben 0,236 m Durchmesser und drehen sich in gußeisernen Zapfenlagern. Eine jede der Kunstgestängen bestehen aus 4 einzelnen Stangen von 0,0944 u. 0,1416 m Stärke, welche durch Laschenschlösser von der gewöhnlichen Art miteinander verschlossen sind; diese Schlösser sind 0,519 m breit; das obere Kunststangenschloß 3,512 m. das untere 4,65 m und die beiden mittleren Stangenschlösser 2,549 m lang.

Der Seilkorb.

Die Seilkorbwelle trägt außer den beiden Seilkörben, von denen der eine unbeweglich ist und auf 4kant. Welle der andere, bewegliche, auf runden Theil der Welle aufsitzt; auf der südöstl. Seite noch ein Stirnrad welches in ein kleineres Stirnrad der unmittelbar hinter der Seilkorbwelle befindlichen und mit dieser parallelen Vorgelegewelle eingreift, so daß mittels dieses Vorgeleges durch das Kehrrad auch das Kunst- und Druckpumpenwerk betrieben werden kann, wenn das Treiben ruht. Dieses Stirnrad sitzt ebenfalls auf einem vierkantigen Theil der sonst allenthalben runden und 0,661 m starken Welle. Die Länge derselben ist 3,399 m, von welcher 1,983 auf den Theil quadratischen Querschnitts kommen. Die 4 eisernen Ringe, womit dieselbe an beiden Hälften gebunden ist, sind 0,0826 m breit und 0,0572 m ~~lang~~ hoch.

Die Seilkörbe selbst sind folgendermaßen construirt: die 0,1416 m starken Korbspeichen sind aus doppelten Platten zusammengeschlagen und haben von der

Welle weg gemessen 0,99 m Höhe; sie lassen 0,413 m Stoßweite zwischen sich; die 0,0944 m hohen Seilstücke ruhen auf jeder Seite auf 6 in Form von Kreissegmenten ausgeschnittenen 0,0708 m starken Pfosten, welche an die Kreisscheiben mittelst eisernen Bolzen angeschraubt sind, dicht aneinander liegend auf. Jeder Korb ist außerdem durch 6 eiserne Bolzen in sich befestigt. Um den beweglichen Korb mit der Welle in oder außer Verbindung zu setzen, dienen zwei eiserne Gabeln, wovon auf jeder Seite des Korbes sich eine befindet und die sich um eine gemeinschaftliche durch den Korb gehende eiserne Axe drehen und ein klauenartig gestaltetes Ende haben, womit sie in die, 0,118 m aus der Welle diametral hervorragenden 0,0944 m starken Klauen eines gusseisernen Kranzes eingreifen; davon auf jeder Seite des Korbes einer an Anschlagungen der Welle liegt. Der Durchmesser jedes Korbes, von dem äußeren Umkreis des Seilaufbaues gemessen beträgt 2,172 m.

Die Seilscheiben.

Die Seilscheiben, welche in allen ihren Theilen von hartem Holz gefertigt sind, haben einen Halbmesser von 1,416 m und bestehen aus einem von 20 Armen oder Speichen getragenen Reifen von 0,07 m Breite und Höhe; an diesem sind zu beiden Seiten 0,1752 m hohe u. 0,0236 m starke Verstärkungsreifen, mit dem inneren Kreisumfang bündig, mittelst 20 eisernen Schrauben befestigt, so dass sie eine Spur für das Seil zwischen sich lassen; die 0,425 m lange u. 0,56 m starken Wellen

Die Seilscheiben liegen mittelst 0,07 m starken eisernen Zapfen in Schmiedeeisen.

Tonne und Tonnenleitung.

Das Treiben geschieht mittelst 12fädigen Drahtseils von 0,016 m Stärke; an diesem hängt die Tonne mittelst einer 8,78 m langen und aus ovalen 0,05 m langen u. 0,03 m breiten Kettengliedern bestehenden Schurzkette. Die Tonnen sind mit 4 Leitwalzen versehen, mit denen sie auf den Leitbäumen der Tonnenleitung laufen; die gusseisernen Walzen haben 0,1178 m ~~Stärke~~ Durchmesser und drehen sich um eiserne Spillen von 0,0654 m Stärke; die Tonnen fassen 10 Kübel; damit sich das Seil nicht schlagen kann, in je 6,8 m flacher Entfernung voneinander, zwischen je 2 Einstrichen der Tonnenleitung Leitwalzen mit Spillen von 0,056 m Stärke in Schmiedeeisen außen angebracht; die Länge derselben ist 0,755 m u. die mittlere Stärke 0,16 m.

Die Anzahl der in 8stündiger Schicht geförderten Tonnen beträgt:

auf der	1ten Gezeugstrecke	= 50.
— —	2te — —	= 44.
— —	3te — —	= 36
— —	4te — —	= 30.

Bei der nun folgenden Berechnung der Maschine ist der ungünstigste und am häufigsten eintretende Fall angenommen, daß das Treiben von der vierten Gezeugstrecke weg geschieht und zwar ist die der Hängebank zunächst befindliche Tonne (Fügetonne) als im Aufgang begriffen gedacht worden.

13.

Berechnung des Göpels.

1, Berechnung der Reinen-Last.

Nennt man das Gewicht der in einer Tonne enthaltenen Fördermasse = M; den Hauptfallwinkel des Schachtes = α; so ist die reine Last

$$= M \cdot \sin\alpha.$$

Hier ist nun

$$M = 669{,}24 \cdot \text{Kil.}$$

$$\sin\alpha = \frac{\Sigma(F \sin\alpha)}{\Sigma(F)}$$

$$= \frac{(2{,}4 + 64{,}48 + 29{,}18)\sin 69^\circ\, 9' + 28 \sin 62^\circ\, 39' + 19{,}92 \sin 58^\circ\, 23'}{2{,}4 + 64{,}48 + 29{,}18 + 28 + 19{,}92}$$

$$= \frac{96{,}06 \cdot 0{,}934 + 28 \cdot 0{,}888 + 19{,}92 \cdot 0{,}851}{143{,}98}$$

$$= \frac{89{,}76 + 24{,}87 + 16{,}955}{143{,}98}$$

$$= \frac{131{,}585}{143{,}98}$$

$$\lg \sin\alpha = \lg 131{,}585 - \lg 143{,}98$$

$$= 2{,}1192064 - 2{,}1583022$$

$$= 0{,}9599042 - 1$$

$$\alpha = 65^\circ\, 46'$$

folglich

$$M \sin\alpha = 669{,}24 \sin 65^\circ\, 46'$$

$$= 610{,}27 \text{ Kil.}$$

2, Reibung an den Tonnenwalzen.

Es sei r der Halbmesser der Tonnenwalzen = 0,0589 m; ρ der Halbmesser ihrer Axen = 0,0327 m; T das Gewicht der Fördertonne = 220,52 Kil und T_1 das Gewicht der andern Tonne = 247,8 Kil, so ist die Axenreibung an den Tonnenwalzen

$$T_1 = f\frac{\rho}{r}(M + T + T_1)\cos\alpha$$

Zunächst ist

$$\cos\alpha = \frac{\Sigma(F\cos\alpha)}{\Sigma(F)}$$

$$= \frac{96,06 \cdot \cos 69^\circ 9' + 28 \cos 62^\circ 39' + 19,92 \cos 58^\circ 23'}{96,06 + 28 + 19,92}.$$

$$= \frac{34,189 + 12,864 + 10,443}{96,06 + 28 + 19,92}.$$

$$= \frac{57,496}{143,98}$$

$$\lg\cos\alpha = \lg 57,496 - \lg 143,98 -$$
$$= 1,7596376 - 2,1583022.$$
$$= 0,6013354 - 1$$
$$\alpha = 66^\circ 32'$$

Danach ist

$$F_1 = 0,08 \cdot \frac{0,0327}{0,0589}(669,24 + 220,52 + 247,87) \times \cos 66^\circ 32'$$

$$\lg F_1 = \lg 0,08 + \lg 0,0327 + \lg 1137,63 + \lg\cos 66^\circ 32' - \lg 0,0589.$$

$$= 0,9030900 - 2 + 0,5145478 - 2 + 3,0559896 + 0,6001181 - 1 - 0,7701153 + 2.$$

$$= 0,0745555 - 0,7701153 + 2.$$

$$= 1,3044402.$$

$$F_1 = \underline{20,118 \text{ Kil}}.$$

---

3. Axenreibung der Seilwalzen. Bezeichnet r_1 den Halbmesser der Seilwalzen $= 0,18^m$; ρ_1 den Halbmesser der Zapfen derselben $= 0,028^m$; G das Gewicht des in beiden Treibschächten auf den Seilwalzen aufliegenden Seiles und G_1 das Gewicht der sämmtlichen Walzen (die von dem Seile belegten) so haben wir für die Axenreibung der Seilwalzen

$$F_2 = f\frac{\rho_1}{r_1}(G + G_1)\cos\alpha.$$

Die Länge des auf den Seilwalzen aufliegenden Seiles, vorausgesetzt, daß der Bau(?) Füllort der 3ten Gezeugstrecke getrieben wird $= 96{,}06 + 28 + 19{,}92 = 143{,}98^{m}$

Es ist nun das Gewicht eines laufenden ~~Lachters~~ Meters 12 fädigen Drahtseiles $= 1{,}7154$ ℔ $= 0{,}8028$ kil; sonach das ganze Gewicht des Seiles

$$G = 143{,}98 \cdot 0{,}8028 = 115{,}57 \text{ kil.}$$

Da nun je 12 Ellen d. i. $7{,}53^{m}$ Entfernung eine Leitwalze im Schachte angebracht ist, so ist die Zahl der vom Seile belasteten Walzen

$$= \frac{143{,}98}{6{,}83} = 21.$$

Das Gewicht jeder der im Durchschnitt $0{,}165^{m}$ starken u. $0{,}755^{m}$ langen Leitwalze

$$= 0{,}082^2 \cdot 3{,}1412 \cdot 0{,}755 \cdot \gamma$$

wo γ das Gewicht eines Kubikmeters Tannenholz ist $= 600$ kil; sonach ist das Gewicht der Leitwalzen

$$G_1 = 21 \cdot 0{,}082^2 \cdot 3{,}1412 \cdot 0{,}755 \cdot 600$$

$$= 181{,}84 \text{ kil}$$

Es ist demnach

$$F_2 = 0{,}08 \cdot \frac{0{,}028}{0{,}18} (115{,}57 + 181{,}84) \cos 66^\circ 32'$$

$$\lg F_2 = \lg 0{,}08 + \lg 0{,}028 + \lg 297{,}41 + \lg \cos 66^\circ 32' - \lg 0{,}18$$

$$= 0{,}9030900 - 2 + 0{,}4471580 - 2 + 2{,}4733556 + 0{,}6013354 - 1 - 0{,}2552725 + 1$$

$$= 0{,}4249370 - 0{,}2552725$$

$$= 0{,}1696645.$$

mit

$$F_2 = 1{,}478 \text{ kil.}$$

---

4) Seilbiegungswiderstand an den Seilscheiben.

Ist hier k ein Erfahrungscoefficient ~~Widerstand~~, d der Durchmesser des Seiles; r_2 der Halbmesser der Seilscheibe und G das Gewicht des Seiles sammt der

Schurzkette; so ist der Seilbiegungswiderstand

$$F_3 = k\frac{d^2}{r_2}(M + F + F_1 + G)\sin\alpha.$$

Nun sind aber für Drahtseile zur Bestimmung des Coefficienten k, noch keine Erfahrungen gesammelt worden; annähernd werden wir jedoch die richtig rechnen, wenn wir annehmen, dass die Seilbiegung für Drahtseile eben so groß sei, als die für Hanfseile, wenn wir nämlich für r u. d. Dimensionen annehmen, welche bei Hanfseilen die gewöhnlichen sind. d. h. wenn wir $d = 0{,}05$ und r vielleicht $= 1^m$ wählen.

Dann haben wir $k = 18{,}6$.

Ferner ist:

G = Gewicht des Seiles + Gewicht der Schurzkette.

$= 115{,}57 + 50{,}425$

$= 165{,}995$ Kil.

Demnach erhalten wir

$$F_3 = 18{,}6 \cdot \frac{0{,}05^2}{1}(669{,}24 + 220{,}52 + 247{,}87 + 165{,}99)\sin 65^\circ 46'$$

$$\log F_3 = \log 18{,}6 + 2\log 0{,}05 + \log 1303{,}62 + \log\sin 65^\circ 46'$$

$$= 1{,}2695129 + 0{,}3979400 - 3 + 3{,}1149444 + 0{,}9599704$$

$$= 1{,}7423015$$

$$F_3 = \underline{55{,}246 \text{ Kil}}$$

5. Reibung an den Seilscheibenzapfen.

Nennen wir ρ_2 den Halbmesser des Seilscheibenzapfens; G_2 das Gewicht der Seilscheibe und β den Fallwinkel des Seiles von der Seilscheibe weg nach dem Korb hinunter, so hat man für den Reibungswiderstand an den Seilscheibenzapfen folgenden Ausdruck

$$F_4 = f\frac{\rho_2}{r_2}\left[0{,}96\left(2G_2 + (M+F+F_1+G_1)(\sin\alpha_1 + \sin\beta_1)\right) + 0{,}40(M+F+F_1+G_1)(\cos\beta - \cos\alpha_1)\right]\sin\alpha.$$

Hier ist nun

$\rho_2 = 0{,}07^m$

$\alpha_1 = 69^\circ 9'$

$\beta = 68^\circ 6'$

Das Gewicht seiner Seilscheibe ergiebt sich aus folgenden Einzelgewichten.

Der $0{,}07^m$ hohe u. ebenso breite Mittelreifen (nach dem barycentrischen Lehrsatz) wiegt:

$= 0{,}07^2 \cdot 1{,}556 \cdot 3{,}1416 \cdot 760 = 18{,}204$ Kil.

Die beiden Anlaufreifen $0{,}175^m$ hoch und $0{,}0206^m$ breit

$= 0{,}175 \cdot 2 \cdot 0{,}0236 \cdot 1{,}6996 \cdot 3{,}1416 \cdot 760 = 16{,}779$ "

20 Stück $1{,}062^m$ lange, im Mittel $0{,}0944^m$ breite und $0{,}0236^m$ hohe Speichen

$= 20 \cdot 1{,}062 \cdot 0{,}0944 \cdot 0{,}0236 \cdot 760 = 35{,}963$ "

Die Welle $0{,}425^m$ lang von $0{,}28^m$ mittl. Halbmesser

$= 0{,}425 \cdot 0{,}28^2 \cdot 3{,}1416 \cdot 760 = 79{,}555$ "

4 Stück eiserne Reifen à $0{,}047^m$ breit u. $0{,}0118^m$ stark

$= 4 \cdot 0{,}56 \cdot 3{,}1416 \cdot 0{,}047 \cdot 0{,}0118 \cdot 7720 = 30{,}258$ "

20 Stück Schrauben (à 0,24 Kil) $= 4{,}8$ "

Die gußeisernen Keile – – $= 3.$ "

$G_2 = 188{,}559$ Kil

ferner ist nun

$$F_4 = 0{,}08 \cdot \frac{0{,}035}{1{,}416}\Big[0{,}96\big(377{,}118 + (669{,}24 + 220{,}52 + 249{,}87 + 165{,}995)(\sin 69^\circ 9' + \sin 68^\circ 6')\big) + 0{,}40\,(669{,}24 + 220{,}52 + 247{,}87 + 165{,}995)(\cos 68^\circ 6 - \cos 69^\circ 6')\sin 65^\circ 46'\Big]$$

$$= 0{,}08\,\frac{0{,}035}{1{,}416}\Big[0{,}96\big(377 + 1303{,}62(\sin 69^\circ 9' + \sin 68^\circ 6')\big) + 0{,}40 \cdot 1303{,}62\,(\cos 68^\circ 6' - \cos 69^\circ 9')\sin 65^\circ 46'\Big]$$

$$F_4 = 0{,}08\,\frac{0{,}035}{1{,}416}\Big[0{,}96\big(377{,}118 + 1303{,}62(0{,}9345 + 0{,}92784)\big) + 0{,}40 \cdot 1303{,}62 \cdot 0{,}0179 \cdot 0{,}91182\Big]$$

$$= 0{,}08 \cdot \frac{0{,}035}{1{,}416}\left[905{,}811 + 8{,}115\right] = \frac{0{,}0028}{1{,}416} \cdot 913{,}926 =$$

$$F_4 = \underline{1{,}807 \text{ Kil}}$$

6. Seilbiegungs-widerstand am Seilkorbe.

Ist hier der mittlere Hebelarm der Last b, so ist der Widerstand der Seilbiegung am Korbe.

$$F_5 = \frac{k \cdot d^2}{2b}\left(M + F + F_1 + G\right)\sin\alpha$$

Hier ist zunächst b zu bestimmen; bezeichnen wir mit D den Durchmesser des Korbes im leeren Zustande; F die Länge des sich aufwickelnden Seils; n_1 die Anzahl der Reservewindungen; l die Länge des Seilkorbes, so haben wir

$$b = D_1\left(1+\sqrt{1+\frac{4d^2F}{\pi l D_1^2}}\right.$$

wo wiederum $D_1 = D + \frac{2n_1 d^2}{l}$ ist.

Hier ist nun

$D = 2{,}172^{m.}$

$l = 0{,}413^{m.}$

$n_1 = 20.$ also

$$D_1 = 2{,}172 + \frac{20 \cdot 0{,}016^2}{0{,}413} = 2{,}172 + \frac{1{,}024}{0{,}413}$$

$$= 2{,}1716 + 0{,}0248 = 2{,}1964.$$

Demnach

$$b = \frac{2{,}1964\left(1+\sqrt{1+\frac{4 \cdot 0{,}016^2 \cdot 143{,}98}{3{,}1416 \cdot 0{,}413 \cdot 2{,}1964^2}}\right.}{4.}$$

$$= \frac{2{,}1964\left(1+\sqrt{1+0{,}3714}\right)}{4}$$

$$= \frac{2{,}1964\left(1+1{,}0184\right)}{4}$$

$$= \frac{4{,}4332}{4} = 1{,}1083^{m.}$$

Wir gehen auch hier von gleichen Annahmen aus, wie bei Berechnung der Seilbiegung an den Seilscheiben und setzen hier $b = 0{,}7^{m}$ und
$d = 0{,}05^{m.}$

und durch Substitution dieser Werthe gibt

$$F_5 = \frac{18{,}6 \cdot 0{,}05^2}{1{,}4}\left(669{,}24 + 22052 + 247{,}87 + 165{,}995\right)\sin 65^\circ 46'$$

$$= 0{,}0332 \cdot 1303{,}62 \cdot \sin 65^\circ 46'$$

$$\lg F_5 = \lg 0{,}0332 + \lg 1383{,}6 + \lg \sin 65^\circ 46'$$
$$= 0{,}5211381 - 2 + 3{,}1151744 + 0{,}9599042 - 1$$
$$= 1{,}5960867$$
$$F_5 = \underline{39{,}454 \text{ Kil.}}$$

7, Zapfenreibung des Korbes.

Es sei G_3 das Gewicht des Korbes sammt Korbwelle; G_4 das Gewicht aller Hängelatschlangen; S die Spannung durch 4 Hängelatschlangen; β der Winkel, unter welchem das aufsteigende Seiltrum (auf der Fahrtseite) und β_1 der Winkel, unter welchem das niedergehende Seiltrum zum Korbe herabgeht (wir nehmen stets die Fahrtkunst als im Aufzug begriffen an;) so läßt sich die Zapfenreibung am Korbe durch folgende Formel ausdrücken:

$$F_6 = \frac{f\delta_3}{b}\Big[0{,}96\Big(G_3 + G_4 + S - \big[(Q+T+\tfrac{G}{2})\sin\beta + (T_1+\tfrac{G}{2})\sin\beta_1\big]\sin\alpha\Big)$$
$$+ 0{,}40\Big[(Q+T+\tfrac{G}{2})\cos\beta + (T_1+\tfrac{G}{2})\cos\beta_1\Big]\sin\alpha\Big]$$

Berechnung des Gewichts

1, der Korbwelle sammt Korb.

Bestimmen wir zunächst G_3.

Die 4 Reifen des Korbes $0{,}1416^m$ breit & $0{,}99^m$ hoch (nach d bezeichneter Tabelle)
$= 0{,}5664 \cdot 0{,}99 \cdot 0{,}825 \cdot 2 \cdot 3{,}1416 \cdot 600 = 1743{,}6$ Kil.

Die 24 Kreissegmente, auf denen die Seilstäbe befestigt sind: $1{,}086^m$ lang & $0{,}146^m$ hoch, $0{,}0708^m$ stark
$=(3{,}6984 - 3{,}0585)\, 4 \cdot 0{,}0708 \cdot 600 = 108{,}73$ "

Die $0{,}4013^m$ langen $0{,}0944^m$ hohen Seilstäbe beider Körbe
$= 0{,}8026 \cdot 0{,}0944 \cdot 2 \cdot 2{,}1243 \cdot 3{,}1416 \cdot 600 = 605{,}36$ "

Die Welle, welche auf $1{,}983^m$ Länge quadratisch & $1{,}416^m$ Länge rund ist & in beiden Fällen $0{,}661^m$ stark ist
$=(0{,}661^2 \cdot 1{,}983 + 0{,}3305^2 \cdot 3{,}1416 \cdot 1{,}416)\,600$
$=(0{,}8664 + 0{,}4859)\,600 = 811{,}38$ "

Zwei doppeltgekröpfte Lauferzapfen — — $= 1540{,}87$ "
12 eis. Bolzen — — 120 "
Die Seilschlinker — — $218{,}85$ "
Die eisernen Ringe in der Welle — — $102{,}8$ "

	5251,5 Kil.
4 eiserne Reifen — —	324,5
	5576 09

2, Des auf der Korbwelle aufzustellenden Kehrrades

Das Volumen des auf der Welle aufsitzenden Kehrrades zum Antrieb des Pferdegöpels ergiebt sich aus folgenden Einzelvolumen.

Die vier 0,614m breit. 0,1416m starken u. 2,9441m langen Arme = 4.0,614.0,1416.2,498 .... = 0,869 cm.

4 Schaufelstücke, 0,614m breit 0,1416m stark 0,6609m lang = 0,614.0,5664.0,6609 .... = 0,229 cm.

Der Kranz, 0,236m hoch 0,177m breit u. von 1,25m mittl. Halbmesser = 0,236.0,177.2,50.3,1416 .... = 0,328 cm.

106 Stck Zähne von 0,118. u. 0,0472 mittl. Breite und 0,118m aus dem Kranz hervortretende Länge = 106.0,118.0,0472.0,118 .... = 0,105 cm.

1,531 cm.

Und da das Rad durchaus von hartem (buchenem) Holz ist, so ist das Gewicht desselben = 1,531.750 .... = 1148,25 kil.

Noch kommt hinzu die 0,472m lange u. 0,0708m starke eiserne Halsfütterung = 4.0,684.0,0708.0,472.600 = 54,649 kil.

Es ist daher das Gewicht der ganzen unrunden Welle des Seilkorbes
= 5376,09 + 1148,25 + 54,65
= 6577,99 kil. = G_3.

3, Der Hängelagstange.

Eine Hängelagstange besteht aus einer 28,006m langen, 0,0944m starken 0,1416m breiten Stangen = 28,006.0,0944.0,1416 = 0,3743 cm.

und 25,03m; 0,0944m starken u. 0,1888m breiten Laschenstangen = 25,03.0,0944.0,1888 .... 0,4461 cm

0,8204 cm

und das Gewicht beträgt = 0,8204.600 = 492,02 kil.

Dazu kommen	492,02 Kil
34. eiserne Bolzen (à 3 Kil)	= 102 Kil
15,86 m eiserne Schienen von 0,071 m Breite, 0,0118 m Stärke
Platte	102,3 Kil
2 Schnüreisen	45,74

Summa $G_4 = 742,06$ Kil

In obige Formel für die Korbzapfenreibung ist ferner einzuführen

$\beta = 75^\circ$

$\beta_1 = 68^\circ$

$\rho_3 = 0,118^m$

$S = \frac{\pi \cdot b}{2a} \cdot Q$, wo a den Halbmesser des Kurbelkreises $= 0,297^m$ und Q die Summe aller bisher berechneten Lasten und Nebenhindernisse, ausschließlich der Korbzapfenreibung, bezeichnet. Es ist daher, um S bestimmen zu können, nöthig die Korbzapfenreibung ohne Rücksichtnahme des S annähernd zu bestimmen.

Berechnung der Korbzapfenreibung ohne Berücksichtigung der Spannung in den Vorgelegsstangen.

Es ist hiernach die Zapfenreibung des Korbes F_6

$$= 0,08 \cdot \frac{0,118}{1,1083}\Big[0,96\Big(6677,19 + 742,06 - \big[(669,24 + 220,52 + 57,78)\sin 75^\circ + (247,87 + 57,78)\sin 68^\circ\big] \times \sin 65^\circ 46'\Big) + 0,40\big[(669,24 + 220,52 + 57,78)\cos 75^\circ + (247,87 + 57,78)\cos 68^\circ\big]\sin 68^\circ 46'\Big]$$

$$= \frac{0,00944}{1,1083}\Big[0,96\Big(7419,25 - \big[947,54 + 305,65 \cdot \sin 68^\circ\big]\sin 65^\circ 46'\Big) + 0,40\big[947,54\cos 75^\circ + 305,65\cos 68^\circ\big]\sin 68^\circ 46'\Big]$$

$$= \frac{0,00944}{1,1083}\cdot\Big[0,96\Big(7419,25 - \big[915,26 + 283,39\big]\sin 65^\circ 46'\Big) + 0,40\big[245,24 + 114,49\big]\sin 65^\circ 46'\Big]$$

$$= \frac{0,00944}{1,1083}\cdot\Big[0,96(7419,25 - 1092,9) + 130,36\Big]$$

$$= \frac{0,00944}{1,1083}\Big[6073,29 + 130,36\Big] = \frac{0,00944}{1,1083}\cdot 6203,65 = 52,83 \text{ Kil.}$$

Es ist nun

$$Q = (610,27 + 20,18 + 1,478 + 55,246 + 1,807 + 39,454 + 52,83)\ \text{Kil.}$$

$$= 780,76\ \text{Kil.}$$

Berechnung der Spannung in den [illegible]stangen.

woraus nun resultirt

$$S = \frac{3,1416 \cdot 1,1083}{0,594} \cdot 780,76$$

$$= 2537,6\ \text{Kil}$$

und nun endlich die vollständige Reibung der [illegible]zapfen.

$$F_6 = \frac{0,00944}{1,1083}\left[0,96(7419,25 + 4576,7 - 1092,9) + 130,36\right]$$

$$= \frac{0,00944}{1,1083}\left[0,96 + 130,36\right]$$

$$= \frac{0,00944}{1,1083} \cdot 10597,29$$

$$F_6 = \underline{90,26\ \text{Kil.}}$$

8) Reibung an den Warzen.

die Reibung an den Warzen

$$F_7 = \frac{2f\delta_4}{b}(S + 2G_4)$$

$$= \frac{2 \cdot 0,08 \cdot 0,118}{1,1083}(4576,7 + 1484,12)$$

$$= \frac{0,16 \cdot 0,118}{1,1083} \cdot 6060,82$$

$$= \underline{103,25\ \text{Kil.}}$$

---

9) Reibung an den Zapfen des Kehrrades.

Bezeichnen wir mit δ_5 den Zapfenhalbmesser des Rades, mit G_5 das Gewicht des Rades und mit W das in dem Rade enthaltene Wasser, so haben wir für die Reibung an den Radzapfen

$$F_8 = \frac{f\delta_5}{b}(G_5 + W - S)$$

Berechnung des Radgewichts.

Das Gewicht des Rades ist die Summe folgender Einzelgewichte.

Die Radwelle: 4,6823^{m} lang 0,73^{m} b. mit quadrat. Stärke

$= 0,73^2 \cdot 4,68 \cdot 720 =$ ~~1805~~ $1805,5^{k}$.

(Das spec. Gew. des durchnäßten Holzes = 0,72.)

Die 8 Hauptarme 12,463^{m} lang & 0,248^{m} u. 0,2242^{m} im Mittel stark.

$= 8 \cdot 12,463 \cdot 0,248 \cdot 0,2242 \cdot 720 = 3990,6^{k}$.

16 Stück Hilfsarme: 5,382^{m} lang 0,1416 u. 0,1652^{m} stark.

$= 16 \cdot 5,3818 \cdot 0,1416 \cdot 0,1652 \cdot 720 - 14450,1^{k}$.

8 Winkelstücke: 0,8025^{m} lang; 0,283 u. 0,33^{m} stark.

$= 8 \cdot 0,8025 \cdot 0,283 \cdot 0,3304 \cdot 720 = 432,21^{k}$

Das Futter der Kranzarme 1,18^{m} lang; 0,0944^{m} stark $= 219,36^{k}$.

Nehmen wir für das Holzwerk des Radkranzes das spec. Gewicht des völlig mit Wasser vollgesaugten Holzes an, so erhalten wir folgende Gewichte

Die beiden äußeren Kränze: 0,236^{m} hoch, 0,1416^{m} breit (mittl. Radius)

$= 2 \cdot 0,236 \cdot 0,1416 \cdot 2 \cdot 6,1137 \cdot$
$\times 3,1416 \cdot 800$ — — — $= 2054,2^{k}$

Der mittl. Reifen: 0,2832^{m} hoch 0,2124^{m} breit

$= 0,2832 \cdot 0,2124 \cdot 2 \cdot 6,1370 \cdot$
$\times 3,1416 \cdot 800$ — — $= 1855,6^{k}$

Der Kranzboden: 0,0295^{m} stark 1,251^{m} breit

$= 0,0295 \cdot 1,251 \cdot 12 \cdot 3,1416 \cdot 800$ — $= 1093,41^{k}$

108 St. Schaufeln 0,0236^{m} st. —

$= 0,0236(0,425 + 0,106)\,0,7553 \cdot 108 \cdot 800 - = 817,78^{k}$

2 doppelt geschmiedete Kranzzapfen $= 1540,87$.

4 eis. Wellringe — — — $= 330,$

16 Winkelstückzwingen — $= 32$.

16 Kranznägel — — $= 350$.

Demnach d. gesammte Radgewicht

$G_5 = 16545,27$ Kil.

Berechnung des Gewichts des im Rade enthaltenen Wassers.

Um das Gewicht W des im Rade beim Umgange enthaltenen Wassers bestimmen zu können, ist es nöthig die Wasserfüllung einer ~~je~~ Schaufel, so wie die Zahl der mit Wasser gefüllten Schaufeln zu wissen.

b) Ermittelung der Wasserfüllung ~~einer~~ der Schaufeln.

Aus einer jedesmal beim Aufzuge der Schützen gemachten Beobachtung über die Umdrehungszahl des Rades p. Minute ergab sich bei dem Schützenzug von 1^{m}: $3\frac{4}{5}$ Umgänge des Rades p. Minute.

Aus dieser Höhe der Schützenöffnung $e = 1^{m}$, der Weite der Schützenöffnung $b = 0{,}224^{m}$ und der Höhe des Wasserstandes hinter der Schütze über der Mitte der Schützöffnung, $h = 0{,}186^{m}$ ergiebt sich das Aufschlagquantum p Minute.

$$m = 0{,}8 \cdot b\,e \cdot \sqrt{2gh}$$

$$= 0{,}8 \cdot 0{,}224 \cdot 0{,}1 \sqrt{2 \cdot 9{,}801 \cdot 0{,}186} \cdot 60.$$

$$\lg m = \lg 0{,}8 + \lg 0{,}224 + \lg 6 + \tfrac{1}{2}(\lg 19{,}617 + \lg 0{,}186)$$

$$= 0{,}9063350 - 1 + 0{,}3502480 - 1 + 0{,}7781513 + 0{,}2810838$$

$$= 0{,}3158181$$

$$= \underline{2{,}069^{\,cm}}.$$

Macht nun das Rad p Min. $3\frac{4}{5}$ Umdrehungen, so gehen in dieser Zeit

$3\frac{4}{5} \cdot 108 = 410{,}4$ Schaufeln

unter der Schützenöffnung vorüber und somit empfängt jede Schaufel an Wasserquantum

$$q = \frac{2{,}069}{410{,}4} = 0{,}00505^{\,cm}.$$

und hieraus folgt der Querschnitt des wasserhaltenden Theiles der Schaufeln, da die lichte Kranzweite $= 0{,}425^{m}$ ist.

$$a_0 = \frac{0{,}00505}{0{,}425} = 0{,}0119 \,\square m.$$

Durch Construction ergeben sich die Punkte C und D des beginnenden und vollendeten Ausgusses; hiernach sind $38\frac{2}{3}$ Schaufeln des Rades stets gefüllt; $3\frac{1}{3}$ Schaufeln im Ausguss begriffen; die Wasserhöhe der im Ausguss befindlichen Schaufeln sind in 4 gleichen vertikalen Abständen zwischen C u. D genommenen Punkten.

$a_1 = 0{,}0112^{\,cm}$

$a_2 = 0{,}00645^{\,cm}$

$a_3 = 0{,}0043^{\,cm}$

$a_4 = 0{,}00000^{\,cm}$

Ist nun n die Anzahl der vollen Schaufeln $= 38\frac{2}{3}$ und n_1 die Anzahl der sich leerenden $= 3\frac{1}{3}$

so ist das Gewicht des wirkenden enthaltenen Wassers

$$W = 1000 \cdot q \cdot \left[n + \frac{n_1 \left(a_0 + 4(a_1 + a_3) + 2(a_2 + a_4)\right)}{12 a_0} \right]$$

$$= 1000 \cdot 0{,}00505 \cdot \left[38{,}666 + \frac{3{,}333\left(0{,}0119 + 4(0{,}0112 + 0{,}00525) + 2 \cdot 0{,}00645\right)}{12 \cdot 0{,}0119} \right]$$

$$= 5{,}05 \cdot \left[38{,}666 + \frac{3{,}333\left(0{,}0119 + 0{,}0658 + 0{,}0129\right)}{0{,}1428} \right]$$

$$= 5{,}05 \left[38{,}666 + \frac{0{,}3}{0{,}1428} \right] = \frac{5{,}05 \times 40{,}766}{0{,}1428} = 255{,}86 \text{ Ctr.}$$

Es ist demnach die Zapfenreibung des Rades

$$F_8 = \frac{f \rho_5}{b}\left(G_5 + W - S\right)$$

wo nun $\rho = 0{,}118^{\,m}$

$b = 0{,}1083^{\,m}$

$G_5 = 16545{,}27$ Ctr.

$W = 1405{,}8$ Ctr.

$S = 4576{,}7$ "

also

$$F_8 = \frac{0,08 \cdot 0,118}{1,1083}\left(16545,27 + 205,86 + 4576,7\right)$$

$$= \frac{0,00944}{1,1083}\left(16751,13 - 4576,7\right)$$

$$= \frac{0,00944}{1,1083} \cdot 12174,43.$$

$$F_8 = \underline{114,92 \cdot \text{Kil}}$$

Mechanische Arbeit des Göpels.

Es sind also sämmtlich von der Maschine zu überwindenden Lasten auf den Seilkorb reducirt, folgende:

1, die reine Last — — —	610,27 Kil
2, Reibung an den Tonnenwalzen — — — —	20,18 "
3, Reibung an den Seilwalzen —	1,478 "
4, Seilbiegung an den Seilscheiben — — —	55,246 "
5, Zapfenreibung der Seilscheiben — —	3,614 "
6, Seilbiegung am Korbe —	39,454 "
7, Reibung der Zapfen an der Korbwelle — — —	90,26 "
8, Reibung an den Zargen	103,25 "
9, Zapfenreibung des Rades	114,92 "
Summe	1038,63 Kil

Bezeichnen wir diese Gesammtlast mit Q, so ist die von der Maschine auszuübende mechanische Arbeit

$$= Qw = Q \frac{b}{R} v.$$

insofern w die Geschwindigkeit an dem Korbe (Halbmesser $= b$); v die Geschwindigkeit des Rades und R der Halbmesser desselben ist.

Es ist aber

$$v = \frac{3\frac{4}{5} \cdot R\pi}{30} = \frac{19}{150} \cdot 6,1139 \cdot 3,1416 = 2,433^m$$

also

$$w = \frac{b\,v}{R_0} = \frac{1,1083}{6,1137} \cdot 2,433$$

$$= 0,441^{m.}$$

und somit

$$Qw = 0,441 \cdot 1038,63\ \text{Kil}$$

$$= \underline{458,035\ ^{m \cdot Kil.}}$$

Bestimmung des Aufschlagquantums, zur Erlangung dieser Arbeit erforderlich,

Die Arbeit muß gleich der Leistung des Wasserrades sein, d. h.

$$458,035 = \left[102(c\cos\delta - v)v + 1000\left(h_1 + h_2 + \left[\frac{a_0 + 4(a_1+a_3)+2a_2}{12a_0}\right]h_3\right)\right] \times m.$$

und daher

$$m = \frac{458,035}{102(c\cos\alpha - v)v + 1000\left(h_1 + h_2 + \left[\frac{\cdots}{12a_0}\right]h_3\right)}$$

wo c die Geschwindigkeit bezeichnet, mit welcher das Wasser in den Theilkreis des Rades eintritt, δ den Winkel welchen die Richtung dieser Geschwindigkeit mit der Tangente des Radumfanges an dem Einfallspunkte bildet.

h_1 das Gefälle vom Einfallspunkt bis Radmittel

h_2 — von da bis Beginn des Ausgusses

h_3 — — von da bis zum vollendeten Ausguß.

Es ist aber

$c = \sqrt{2gh}$ wo h das Gefälle vom Wasserspiegel im Gerinne bis in den Einfallspunkt A_1 in den Theilkreis bezeichnet $= 1,01^{m.}$, also

$$c = \sqrt{2 \cdot 9,801 \cdot 1,01} = 4,451^{m.}$$

Dem einfallenden Wasserstrahl ist seine Richtung durch das um 51° gegen den Horizont geneigte Schußgerinne gegeben, somit ist

$$\delta = 51^\circ - \delta_1$$

$$= 51^\circ - 16^\circ 40' = 34^\circ 20'$$

Endlich ergiebt sich aus den durch die Construction bekannten Punkten C und D die Höhen im auszuschaltenden Zu-gang wie folgt:

$h_1 = A_1 B_1 = 5,87^m$

$h_2 = B_1 C_1 = 5,075^m$

$h_3 = C_1 D_1 = 0,6^m$

Es ist demnach

$$m = \frac{458,035}{102(4,451 \cdot \cos 34^\circ 20' - 2,433)2,433 + 1000(5,87 + 5,075 + [0,119 + 0,0658 + 0,0129]0,6)}$$

$$= \frac{458,035}{102(3,675 - 2,433)2,433 + 1000(5,87 + 5,075 + 0,637 \cdot 0,6)}$$

$$= \frac{458,035}{317,222 + 1000(5,87 + 5,075 + 0,38)}$$

$$= \frac{458,035}{317,222 + 11325,3} = \frac{458,035}{11642,22} = 0,0393^{cm}$$

und p. Minute

$M_1 = 0,0390 \cdot 60 = \underline{2,358^{cm}}$

Wirkungsgrad.

Hieraus folgt der Wirkungsgrad der gesammten Maschine

$$= \frac{M w h_u}{Q \cdot M_1 \delta} = \frac{610,27 \cdot 0,441}{13,217 \cdot 0,0393 \cdot 1000}$$

$$= \underline{0,51}.$$

so wie der Wirkungsgrad der Säulenmaschine

$$= \frac{610,27 \cdot 0,441}{458,03} = \underline{0,58}.$$

Fig. I

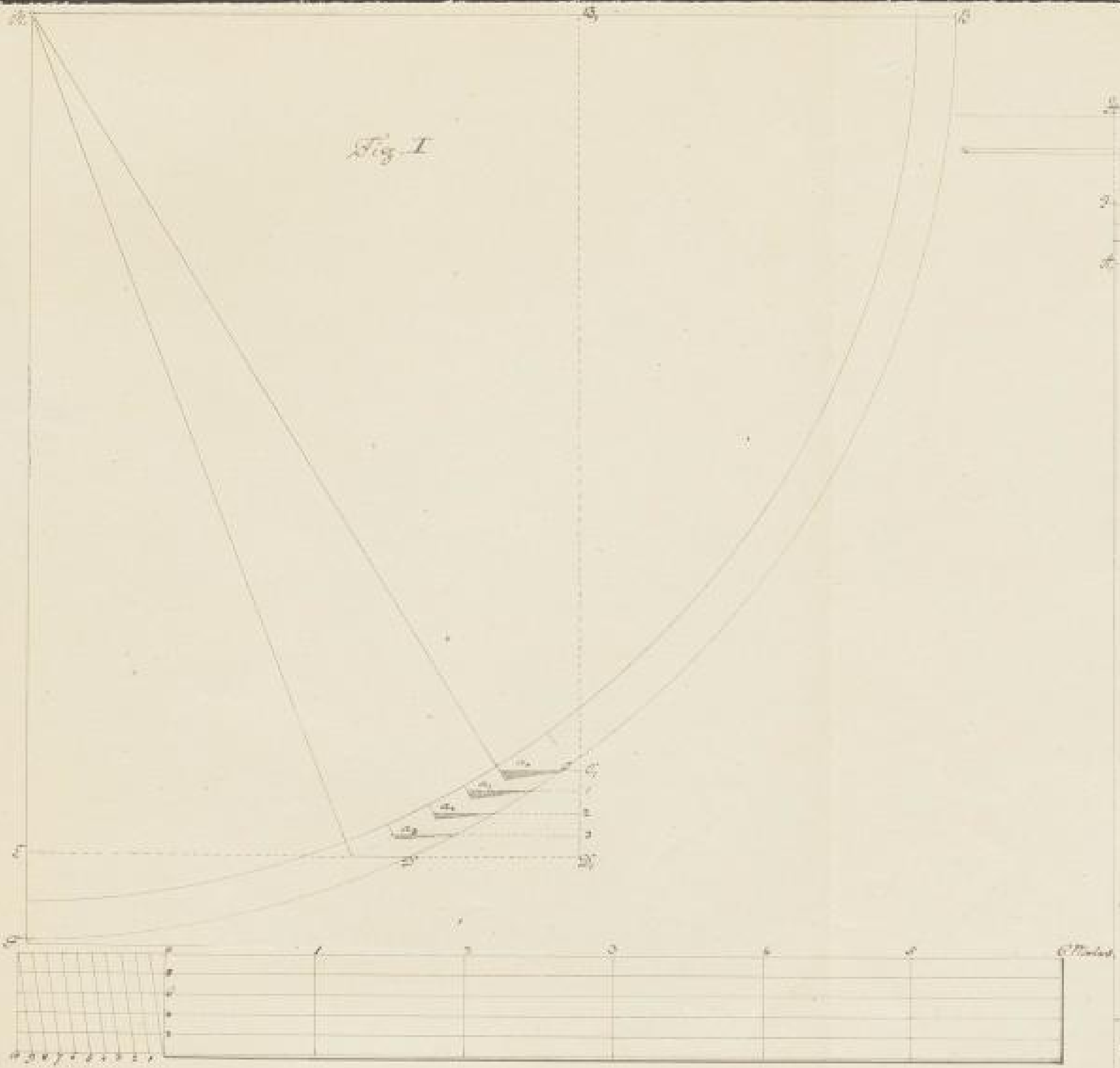


Fig. II