Aufgaben
aus der Bergmaschinenlehre
gelöst

von

Lehrjahr 1841 bis 1842. Herrmann Beeger.

No. 1.

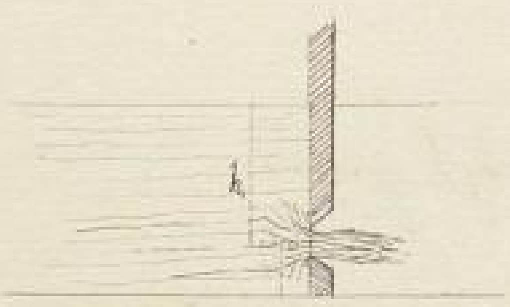
Um die Wassermenge zu finden, die ein Gerinne von 0,75 Mtr. Breite führt, hat man und der Stellung des 0,45 Mtr breiten Schützbrettes Folgendes genommen. Es wurde das Schützbrett ganz geschlossen bis das Wasser 0,86 Mtr über der unteren Kante der Mündung u. 0,95 Mtr. über dem Gerinneboden stand. Nun wurde es um 0,275 Mtr. gezogen u. in den Zeiträumen

1 Min. 2 M. 3 M. 4 M. 5 M. 6 M.

die Wasserstände über der Schwelle

0,812; 0,742; 0,663; 0,591; 0,502, 0,391 Mtr.

beobachtet. Endlich wurde das Schützbrett wieder geschlossen u. beobachtet, daß die Zeit zum Steigen auf das erste Niveau 195 Sec. betrug.



Nach Morin ist, wenn

L die Breite der Ausflussöffnung,

E die Höhe derselben,

m (= 0,603) den Ausflusscoefficient,

$h_1, h_2, h_3 \ldots h_7$ die Wasserstände nach 6 gleichen Zeiträumen, jeder von der Dauer von 60 Sec. u. zwar von Mitte der Schützöffnung an gerechnet, die Ausflussmenge Q während der Dauer von 6 Minuten

$$Q = 1,476\, m L E t \left[\sqrt{h_1}+\sqrt{h_7}+4(\sqrt{h_2}+\sqrt{h_4}+\sqrt{h_6})+2(\sqrt{h_3}+\sqrt{h_5})\right]$$

$h_1 = 0,86 - 0,137 = 0,723$

$h_2 = 0,675$; $h_5 = 0,454$

$h_3 = 0,605$; $h_6 = 0,365$

$h_4 = 0,526$. $h_7 = 0,254$

$\sqrt{h_1} = 0,8502$; $\sqrt{h_5} = 0,6737$

$\sqrt{h_2} = 0,8215$; $\sqrt{h_6} = 0,6041$

$\sqrt{h_3} = 0,7778$; $\sqrt{h_7} = 0,5039$

$\sqrt{h_4} = 0,7252$;

Dies eingesetzt giebt

$$Q = 1,476 . 0,603 . 0,45 . 0,275 . 60 \left[0,8502+0,5039 + 4(0,8215+0,7252+0,6041)+2(0,7778+0,6737)\right]$$

$$= 6,606(1,3541+4 . 2,1508+2 . 1,4515)$$

$$= 6,606 . 12,8603$$

$$= 84,95 \text{ Cb. Mtr.}$$

Bezeichnet nun

t die Zeit des Ausströmens

t_1 die Zeit, die verfloss, bis das ursprüngliche Niveau wieder hergestellt war, so ist die gesuchte Wassermenge x pro Sec.

$$x = \frac{Q}{t+t_1}$$

$$= \frac{84,95}{360+195}$$

$$= \frac{84,95}{555}$$

$$= 0,153 \text{ Cb. Mtr.}$$

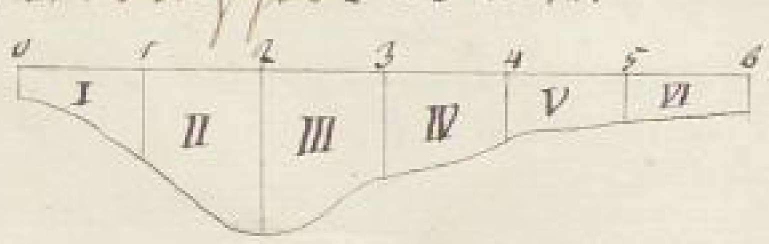
No. 1.

Um das Wasserquantum eines Flusses zu finden, hat man Folgendes gemessen u. gefunden:

Perpendikel 0 = 0,31 Mtr.
" 1 = 1,54 "
" 2 = 1,93 "
" 3 = 1,46 "
" 4 = 1,02 "
" 5 = 0,67 "
" 6 = 0,30 "

Geschwindigkeiten in
I = 0,25
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.

Breite des Flusses = 35 Mtr.



Es ist das sekundliche Wasserquantum

$$m = \frac{\lambda}{2}\left[(y_0+y_1)v_1+(y_1+y_2)v_2+\cdots\right]$$

wo

$$\lambda = \frac{35}{6} = 5,833$$

$v_1 = 0,25$; $v_4 = 0,563$
$v_2 = 0,606$; $v_5 = 0,405$
$v_3 = 0,723$; $v_6 = 0,31$
$y_0 = 0,31$
$y_1 = 1,54$ etc.

Dies eingesetzt, giebt

$$m = \frac{5,833}{2}\Big[(0,31+1,54)0,25+(1,54+1,93)0,605 +(1,93+1,46)0,723+(1,46+1,02)0,563 +(1,02+0,67)0,405+(0,67+0,30)0,31\Big]$$

$$= 2,916\left[0,4265+2,0993+2,4509 +1,3962+0,68445+0,3007\right]$$

$$= 2,916 \cdot 7,394$$

$$= 21,56 \text{ Cb. Mtr.}$$

No. 3.
Um die Wassermenge der Saale in der Nähe ihrer Vereinigung mit der Elbe zu finden, nehmen wir folgende, von den Conducteurs Krahmer u. Vogler gemachten Messungen zu Hülfe.

Querprofile	0	1	2	3	4	5	6	7	8
Umfänge in rhl. Fußen	313	331	303	234	221	274	300	304	287
Inhalt in rhl. □ Fußen	1218	1173	950	695	992	1022	1141	1389	1386
Entfernungen in Fußen	0	300	600	900	1200	1500	1800	2100	2400
Gefälle in Fußen	0	0,039	0,071	0,094	0,1105	0,125	0,163	0,209	0,257

Es ist das zu suchende Wasserquantum

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

wo

$$E = \frac{1}{2g}\left(\frac{1}{a_n^2} - \frac{1}{a_0^2}\right)$$
$$= \frac{1}{2.9{,}81}\left(\frac{1}{(1386)^2} - \frac{1}{(1218)^2}\right)$$
$$= \frac{1}{19{,}62}\left(\frac{1}{1920996} - \frac{1}{1483524}\right)$$
$$= \frac{1}{19{,}62.437427}$$
$$= \frac{1}{8583200{,}64}$$
$$= 0{,}0000001165;$$

$$F = \frac{Bl}{n}\left[\frac{u_0}{2.a_0^3} + \frac{u_1}{a_1^3} + \frac{u_2}{a_2^3} + \dots\right]$$

$$F = \frac{Bl}{n}\left[\frac{313}{2(1218)^3} + \frac{331}{(1173)^3} + \frac{303}{(950)^3} + \frac{234}{(695)^3} + \frac{221}{(992)^3} + \frac{274}{(1022)^3} + \frac{300}{(1141)^3} + \frac{304}{(1389)^3} + \frac{287}{(1386)^3}\right]$$

$$= \frac{Bl}{n}\left[0{,}00000008661 + 0{,}0000002058 + 0{,}0000003534 + 0{,}00000069704 + 0{,}00000022639 + 0{,}00000025668 + 0{,}00000020195 + 0{,}00000011344 + 0{,}00000010779\right]$$

$$= \frac{Bl}{n} \cdot 0{,}00000224838,$$

$l = 2400,\ n = 9$

$B = 0{,}000114737$

$$F = \frac{0{,}000114737 \cdot 2400}{9} \cdot 0{,}0000022483$$

$$F = 0{,}0000000687926;$$

$$G = \frac{Al}{n}\left[\frac{u_0}{2a_0^2} + \frac{u_1}{a_1^2} + \frac{u_2}{a_2^2} + \cdots\right]$$

$$G = \frac{Al}{n}\left[\frac{313}{2(1218)^2} + \frac{331}{(1173)^2} + \frac{303}{(950)^2} + \frac{234}{(695)^2} + \frac{221}{(992)^2} + \frac{274}{(1022)^2} + \frac{300}{(1141)^2} + \frac{304}{(1389)^2} + \frac{287}{(1386)^2}\right]$$

$$= \frac{Al}{n}\left[0{,}00010549 + 0{,}00024056 + 0{,}00033573 + 0{,}00022457 + 0{,}0002623 + 0{,}00023043 + 0{,}0004844 + 0{,}00015756 + 0{,}0001494\right]$$

$$= \frac{Al}{n} \cdot 0{,}00219051$$

$A = 0{,}000024265$

$\frac{l}{n} = 266{,}666$

$$G = 0{,}000024265 \cdot 266{,}666 \cdot 0{,}00219051$$

$$= 0{,}00001417406;$$

$h = 0{,}257 \cdot \mathfrak{H};$

Diese Werthe in die Formel $m =$ etc. eingesetzt giebt

$$m = -\frac{0{,}00001417406}{2(0{,}00000001165 + 0{,}0000000687924)} + \sqrt{\left[\frac{0{,}257}{E+F} + \left(\frac{0{,}00001417406}{2(E+F)}\right)^2\right]}$$

$$= -\frac{0{,}00001417406}{2 \cdot 0{,}0000000804426} + \sqrt{\left[\frac{0{,}257}{0{,}0000000804426} + \left(\frac{0{,}00001417406}{2 \cdot 0{,}0000000804426}\right)^2\right]}$$

$$= -88{,}10044 + \sqrt{(3194824{,}444 + 7761{,}687)}$$

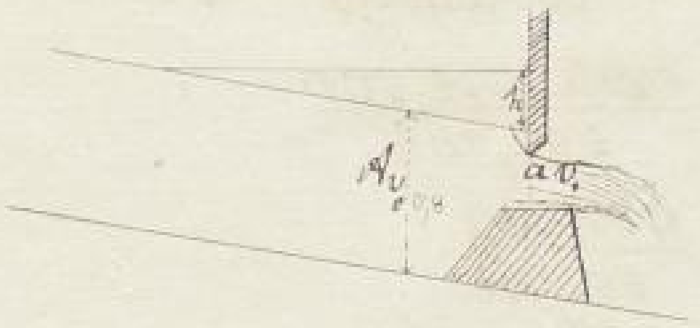
$$= -88{,}10044 + \sqrt{3202586{,}131}$$

$$= -88{,}10044 + 1789{,}577$$

$= 1701{,}4$ C. Fß.

No. 4.

In einem Graben von 4 Mtr. Breite und 0,8 Mtr. mittlerer Tiefe, welcher p. S. 2,4 C. Mtr. Wasser liefert, soll ein Durchlaßwehr von 0,4 Mtr. Höhe angebracht werden, welches dem Wasser eine Öffnung von 3 Mtr. Breite u. 0,3 Mtr. Höhe gestattet; wie hoch wird sich das Wasser aufstauchen.



Es ist die gesuchte Höhe

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

$$Av_0 = av_1$$

$$v_1 = \frac{Av_0}{a}$$

$$m = Av_0$$

$$v_0 = \frac{m}{A} = \frac{2{,}4}{4 \cdot 0{,}8} = \frac{2{,}4}{3{,}2} = 0{,}75 \text{ Mtr.}$$

$$v_1 = \frac{3{,}2 \cdot 0{,}75}{3 \cdot 0{,}3} = \frac{2{,}4}{0{,}9} = 2{,}66 \text{ Mtr.}$$

Es ist daher

$$h = \frac{1}{2 \cdot 9{,}81 (0{,}625)^2 \cdot 3^2 \cdot (0{,}3)^2}\left(2{,}4^2 - (0{,}625)^2 \cdot 3^2 \cdot 0{,}3^2 (2{,}66)^2\right)$$

$$= \frac{5{,}76 - 2{,}235}{6{,}207}$$

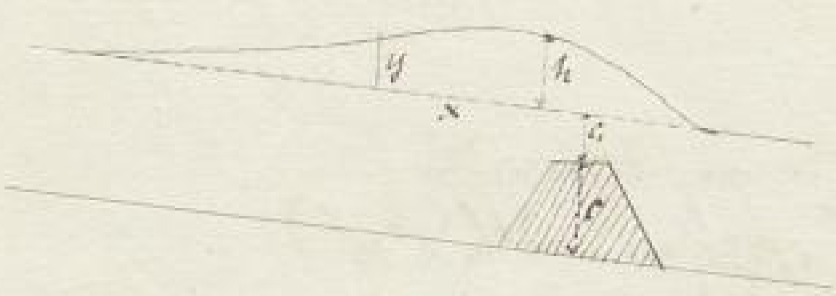
$$= \frac{3{,}525}{6{,}207}$$

$$= 0{,}567 \text{ Mtr.}$$

No. 5)

In einem 80 Fuß (Rhld) breiten und 4 Fuß tiefen Flusse, welcher in jeder Secunde

1400 Cb. Fß Wasser fortführt und ein Gefälle von 0,000547 Fß hat, soll durch ein Überfallwehr das Wasser 2 Fuß höher gestaut werden; wie hoch wird man dieses Wehr machen müssen, wenn es mit dem Flusse einerlei Breite erhalten soll u. welches wird die Aufstauung 500, 1000, 1500, 2000 Fß u. s. w. oberhalb des Wehres sein?



2,981 ?

für Fußmaaß ist $g = 2 \cdot 15{,}5 = 31{,}0$

Man hat

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

wo $m = 1400$ Cb. Fß, $b_1 = 80$ u. $h = 2$ Fß

$$v_1 = \frac{m}{80(4+2)} = \frac{1400}{480} = 2{,}9167 \text{ Fß}.$$

Dieß eingesetzt giebt

$$c_1 = \frac{1400 - \frac{2}{3} \cdot 80 \sqrt{2 \cdot 9{,}81}\left(\left(2 + \frac{(2{,}916)^2}{2 \cdot 9{,}81}\right)^{\frac{3}{2}} - \left(\frac{(2{,}916)^2}{2 \cdot 9{,}81}\right)^{\frac{3}{2}}\right)}{80 \sqrt{2 \cdot 9{,}81 \cdot 2 + (2{,}916)^2}}$$

$$= \frac{1400 - 53{,}33 \sqrt{19{,}62}\left((2{,}4333)^{\frac{3}{2}} - (0{,}4333)^{\frac{3}{2}}\right)}{80 \sqrt{39{,}24 + 8{,}503}}$$

$$= \frac{1400 - 53{,}33 \sqrt{68{,}876}}{80 \sqrt{47{,}743}}$$

$$= \frac{1400 - 53{,}33 \cdot 8{,}2995}{80 \cdot 6{,}9096}$$

$$= \frac{1400 - 442{,}595}{552{,}768}$$

$$= \frac{957{,}409}{552{,}768}$$

$= 1{,}732$ Fß.

$c + 1{,}732 = 4$;

daher die gesuchte Wehrhöhe c

$c = 4 - 1{,}732 = 2{,}268$ Fuß.

Es ist ferner die ganze Stauweite l

$$l = \frac{2h}{\alpha}$$

wo $h = 2$ u. $\sin\alpha = 0{,}000547$,

also $\alpha = 0^\circ 1' 50{,}2'' = 0{,}00053427$, folglich

$$l = \frac{4}{0,00053427} = 7486 \text{ Fuß}$$

Die Druckhöhe y für eine beliebige Strom-weite x ist

$$y = \left(1 - \frac{x}{l}\right)^2 h$$

Für $x = 500$ wird $y = \left(1 - \frac{500}{7486}\right)^2 h = (0,933217)^2 \cdot 2$
$= 1,7418.$

Führt man auf diese Weise die Rechnung durch, so erhält man:

Für $x = 1000$ Fuß, $y = 1,50101$ Fuß
" $x = 1500$ " , $y = 1,2786$ "
" $x = 2000$ " , $y = 1,0738$ "
" $x = 2500$ " , $y = 0,88702$ "
" $x = 3000$ " , $y = 0,71804$ "
" $x = 3500$ " , $y = 0,5669$ "
" $x = 5000$ " , $y = 0,22051$ "
" $x = 6000$ " , $y = 0,0788$ "
" $x = 7000$ " , $y = 0,00842$.

Die übrige Ausführung der Rechnung ist sehr befriedigend.

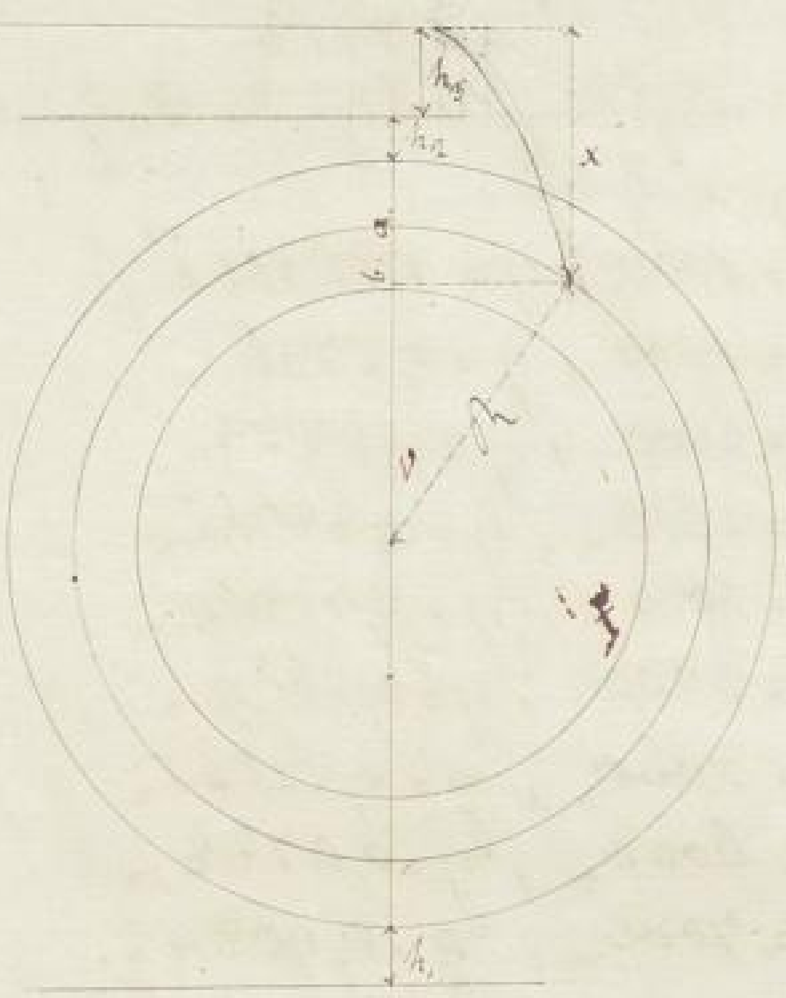
Geschehen den 15ten Juni 42.

[illegible]

No. 6.

Es ist für ein Wasserquantum von $5\frac{1}{2}$ Kubik Meter pr. Minute und für ein Gefälle von 12 Metern die Anordnung und Berechnung eines oberschlächtigen Wasserrades zu machen, das pr. Minute 5 Umdrehungen macht.

Das erste, was man zu thun hat, ist die Höhe oder den Durchmesser des Rades zu bestimmen. Dieß kann nur geschehen, wenn man gewisse Verluste am Gefälle als bekannt voraussetzt und so soll denn hier angenommen werden



die Höhe h_1 oder des untern Freihängens = 0,19 Mtr.
" " h_2 " " obern " = 0,09 "
" " h_3 " der Wasserstand im Gerinne = 0,2 "
Hiernach ist die Radhöhe
$= 12 - (0{,}19 + 0{,}09 + 0{,}2) = 12 - 0{,}48$
$= 11{,}52$ Mtr., woraus der Durchmesser des Rades von Theilkreis zu Theilkreis
$D = 11{,}52 -$ Kranzbreite
$= 11{,}52 - 0{,}236$
$= 11{,}284$ Mtr.
Die Radweite w ist erfahrungsmäßig

$$w = \frac{4M}{\pi D b u}, \text{ wo}$$

M das Wasserquantum p. Minute,
u die Anzahl der Umdrehungen p. Min.,
b die Kranzbreite bezeichnen. Setzt man die obigen Werthe dafür ein, so erhält man

$$w = \frac{4 . 5{,}5}{3{,}14159 . 11{,}284 . 0{,}236 . 5}$$

$$= \frac{22}{41{,}1196}$$

$= 0{,}532$ Mtr.
Die Geschwindigkeit v des einen Punktes des Radumfanges im Theilkreis ist

$$v = \frac{s}{t} = \frac{11{,}284 . 3{,}14159}{12} = 2{,}954 \text{ Mtr.}$$

Da das einfallende Wasser, so das Rad nicht stoßen, sondern blos durch Druck wirken soll, so muß es, kurz eh es in den Theilkreis, dieselbe Geschwindigkeit haben. Die Ein-der Geschwindigkeit zugehörende Fallhöhe x ist

$$x = \frac{v^2}{2g} = \frac{(2,954)^2}{19,62} = \frac{8,725}{19,62} = 0,444 \text{ Mtr.}$$

Den Einfallswinkel v des Wassers kann man aus Folgendem berechnen:

Es ist $\overline{ab} = x - (h_3 + \frac{h_2}{2} + \frac{b}{2})$

$$= 0,444 - (0,2 + 0,09 + 0,118)$$

$$= 0,444 - 0,408 = 0,036;$$

es ist aber auch

$\overline{ab} = R - R\cos v$, daher

$$\cos v = \frac{R - \overline{ab}}{R} = \frac{5,642 - 0,036}{5,642}$$

$$= 0,99365$$

$$\log\cos v = 0,9972160 - 1 + 10$$

$$v = 6^\circ\, 28'\, 38''.$$

Die Anzahl der Schaufeln sei 96; daraus folgt der Theilwinkel α

$$\alpha = \frac{360}{96} = 3^\circ\, 45'.$$

Das Wasser fällt demnach bei der 2ten Schaufel, vom Radscheitel aus gerechnet, ein.

Nun ist zu bestimmen, wie viel Wasser in jeder Zelle ist.

p. Sec. ist das Wasserquantum m

$$m = \frac{5,5}{60} = 0,0916 \text{ Cub. Mtr.},$$

p. Sec. gehen $\frac{un}{60} = \frac{5 \cdot 96}{60} = 8$ Schaufeln durch ein und denselben Punkt, aber so viel muß ferner auch das genannte Wasserquantum aufnehmen und es wird daher eine Zelle nicht das Wasserquantum q

$$q = \frac{0,0916}{8}$$

$$= 0,0114 \text{ Cub. Mtr.}$$

Der Querschnitt a_0 für das Wasserquantum einer Zelle ist

$$a_0 = \frac{q}{w} = \frac{0,0114}{0,532} = 0,0214 \,\square\, \text{Mtr.}$$

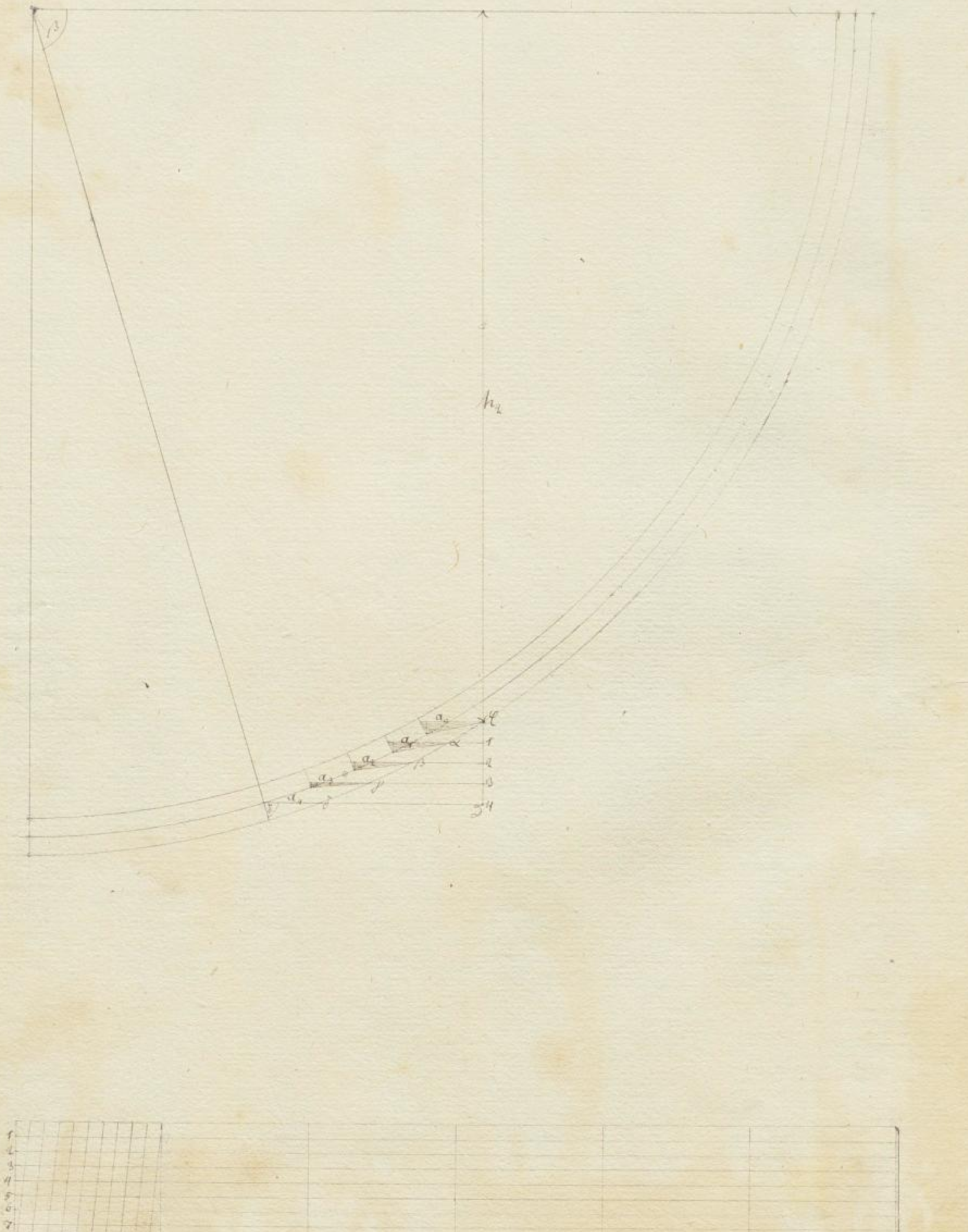
Da nun die Schaufeln im untern Quadranten sich ihres Wassers nach und nach entleeren, wenn sie dem ~~untern~~ tiefsten Punkte des Rades sich nähern, so wird der genannte Querschnitt a_0 sich auch verändern. Um den einen mittleren Querschnitt zu erhalten, sehe man, wo bei welcher Zelle die Stoßschaufel horizontal steht, wo also kein Wasser mehr in ihr ist. Man findet dies sehr leicht, indem der $\angle \beta$ = dem Ablenkungswinkel $\delta = 73°$ ist. Sodann suche man durch Probiren, welche Zelle zuerst anfängt, das Wasser auszugießen. Die hierdurch erhaltene Höhe $CD = h_3$ theile man in eine gerade Anzahl gleicher Theile, z.B. in 4, ziehe von den Punkten 1, 2, 3, 4 Horizontalen, die Punkte α, β, γ etc. sind die Punkte für die Stoßschaufeln, zu denen man noch die Ringelschaufeln zeichnet. Die erhaltenen Querschnitte werden gemessen, wo man gefunden hat

$a_1 = 0,0155 \,\square\, \text{Mtr.}$

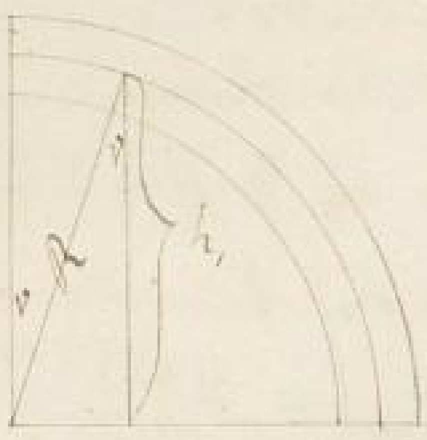
$a_2 = 0,0112$ "

$a_3 = 0,00708$ "

$a_4 = 0$



β
h_2
C
1
2
3
4
10 9 8 7 6 5 4 3 2 1 0
1
2
3
4
5



Es folgt demnach der mittlere Querschnitt a

$$a = \frac{1}{12}(a_0 + a_4 + 4(a_1 + a_3) + 2a_2)$$

$$= \frac{1}{12}(0{,}0254 + 4(0{,}0155 + 0{,}00708) + 2 \cdot 0{,}0112)$$

$$= \frac{0{,}13412}{12} = 0{,}01117 \,\square\, \text{Mtr.}$$

Die Höhe h_1 des wasserhaltenden Bogens ist

$$h_1 = R \cos \nu = 5{,}642 \cdot \cos 6^\circ 28' 38''$$

$$= 5{,}642 \cdot 0{,}99361$$

$$= 5{,}606 \text{ Mtr.}$$

Aus der Figur hat man abgenommen

$h_2 = 4{,}832$ Mtr.

$h_3 = 0{,}565$ "

Die Arbeit des Rades p. Sec. ist nun

$$P w = \left[h_1 + h_2 + (a_0 + a_4 + 4(a_1 + a_3) + 2a_2)\frac{h_3}{12 a_0}\right] 1000 \cdot m$$

$$= \left[5{,}606 + 4{,}832 + \frac{0{,}01117 \cdot 0{,}565}{0{,}0254}\right] 0{,}0956 \cdot 1000$$

$$= (10{,}438 + 0{,}295)\, 95{,}6$$

$$= 10{,}733 \cdot 95{,}6$$

$$= 983{,}143 \text{ Mtr. Kilogramm.}$$

Hiervon ist noch die Arbeit abzuziehen, die die Reibung verzehrt. Sie ist p. Sec.

$$= \frac{\pi \cdot n \rho}{30} \cdot f(G + W), \text{ wo}$$

ρ den Zapfenhalbm. $= 0{,}1$ Mtr.

$f = 0{,}08$ den Reibungscoefficient,

$G + W = 15000$ Kilogr. das Gewicht des Rades und des darauf befindlichen Wassers bezeichnen, daher die Arbeit p. Sec.

$$= \frac{3{,}14159 \cdot 5 \cdot 0{,}1 \cdot 0{,}08}{30} \cdot 15000$$

$= 62{,}832$ Mtr. Kilogr.

Es ist demnach die wahre Arbeit des Rades p. sec.

$P_a = 983{,}143 - 62{,}832$

$= 920{,}311$ Mtr. Kilogr.

$= \frac{920{,}3}{75} = 12\frac{1}{4}$ Pferdekräfte.

Endlich ist der Wirkungsgrad

$$= \frac{920{,}311}{0{,}0916 \cdot 12 \cdot 1000} = \frac{920{,}311}{1099{,}2}$$

$= 0{,}837.$

<u>Berechnung des auf der Halsbrückner Schmelzhütte befindlichen, doppelt wirkenden Cylindergebläses.</u>

Das auf hiesigen Halsbrückner Schmelzhütten befindliche Cylindergebläse wird durch ein 9 Ellen hohes oberschlächtiges Wasserrad in Bewegung gesetzt. Um nun diese Bewegung fortpflanzen zu können, ist an die Welle desselben ein vierkantiges, gußeisernes, gekuppelt, auf welchem 2 gleich hohe, ebenfalls gußeiserne Stirnräder fest sitzen, welche letztere die Kraft auf 2 andere Wellen übertragen, an der sich aber so hohe Stirnräder wie auf erstere befinden, wodurch die Wellen gleiche Geschwindigkeit erhalten. Zur Weiterfortpflanzung der Kraft sind an obengenannten 2 kleinern Wellen 3 Warzenscheiben angebracht, von denen sich zwei an der dem Wasserrade näher liegenden und eine an der davon entferntern Seite befinden. Die Warzenscheiben sind nun wie gewöhnlich mit den 3 Balanciers durch Kurbstangen verbunden. Am andern Ende eines jeden Balanciers hängt die Kolbenstange und ist, um damit letztere sich so genau als möglich vertical auf und ab bewege, ein Contrebalancier angebracht, dessen Länge gleich der halben des Balanciers.

Die 3 Cylinder selbst sind doppelt wirkend u. auf gewöhnliche Art eingerichtet. Ihr innerer Durchmesser ist 2,953 F., ihre ganze äußere Höhe 2° 23⅞"; der Hub ist 2° 12".

An den beiden äußeren Cylindern gehen zwei gußeiserne Windleitungsröhren nach der Brandmauer des Hüttengebäudes u. ziehen sich längs dieser bis zum letzten Ofen hin.

Das Gebläse versorgt 3 Hoh-, 4 Cupolöfen u. einen Treibherd mit Wind. Wird nicht getrieben, so läßt man das Rad 5 mal, ~~[illegible]~~ wird getrieben, so 5½ mal u. geht außerdem zugleich die Schwarzkupferarbeit in einem der Cupolöfen, so 6 mal in der Minute umgehen. Für letzteren Fall soll nun das Gebläse berechnet werden.

Bestimmung des Wasserquantums.

Um die Geschwindigkeit des Wassers zu finden, ließ man in dem Gerinne einen ziemlich tief eintauchenden Körper auf einer Länge Weges von 67,44 Fuß schwimmen, u. beobachtete die dabei vergangene Zeit, die man aus einer mehrfachen Beobachtung im Mittel zu 49 Secunden fand.

Es ist nun die Geschwindigkeit

$= \frac{67,44}{49} = 1,3764$ Fuß.

Aus 5 verschiedenen Durchschnitten des Gerinnes fand man den mittleren zu 4,1666 □Fuß; daher das Wasserquantum pro Sec.

$= 4,1666 . 1,3764 = 5,7349$ Cubikfuß.

Da nun obige Geschwindigkeit die im Stromstrich, und die wahre nur 0,8 mal dieser ist, so ist das Wasserquantum pro Sec $= 5,7349 . 0,8 = 4,5879$ Cubikfuß.

Hinter der Schütze, die in einer im Gerinneboden befindlichen Klappe besteht, ist das Gerinne geschlossen und das nicht durch die Schütze gehende Wasser läuft darüber weg.

Um dieses Wasserquantum zu finden, verfährt man ganz wie bei Berechnung eines Überfalls. Morin giebt die folgende Formel an:

$Q = 1{,}79\, L H \sqrt{H}$,

wo Q das gesuchte Volumen in Cub. Metern, L die Breite des Überfalls u. H die Höhe des Wasserspiegels im Gerinne über der Sohle des Überfalls bezeichnen.

In diesem Falle ist

$L = 3$ Fuß $= 0{,}849$ Meter

$H = 3$ Zoll $= 0{,}0727$ " , demnach

$Q = 1{,}79 \cdot 0{,}849 \cdot 0{,}0727 \sqrt{0{,}0727}$

$= 0{,}028568$ Cub. Meter

$= 1{,}2569$ Cub. Fuß.

Es ist demnach das nöthige Wasserquantum pro Sec. $= 4{,}5879 - 1{,}2569 = 3{,}331$ Cub. Fuß oder pro Minute $= 3{,}331 \cdot 60 = 199{,}9 = 200$ Cub. Fuß. In Cub. Meter ausgedrückt ist es pro Sec. $= 0{,}075704$ Cub. Meter.

<u>Berechnung des Wasserrades.</u>

Morin giebt, um den Nutzeffekt eines oberschlächtigen Rades von nicht zu großer Umfangsgeschwindigkeit bis auf $\frac{1}{20}$ genau an zu:

$Pv = 780\, Q h + 102\, Q (V \cos\alpha - v) v$

wo Q die Wassermenge in 1'' ausgedrückt in Cubikmetern,

V die Geschwindigkeit, mit der Wasser auf dem Rade ankommt,

v die Geschwindigkeit des äussern Radumfangs,

α den Winkel, den beide Geschwindigkeiten miteinander machen und

h die Höhe des Eintrittspunktes über dem tiefsten Punkte der Radbeschaufelung.

Die Druckhöhe im Gerinne ist 17'', das obere Freihängen 3'', also beides 20'' = 0,472 Mtr.; die dieser Höhe zukommende Geschwindigkeit

$$V = \sqrt{2gh} = \sqrt{2 \cdot 9,81 \cdot 0,472}$$
$$= 3,04 \text{ Mtr.}$$

Die Geschwindigkeit v des Radumfanges ist

$$v = \frac{\pi n d}{60},$$

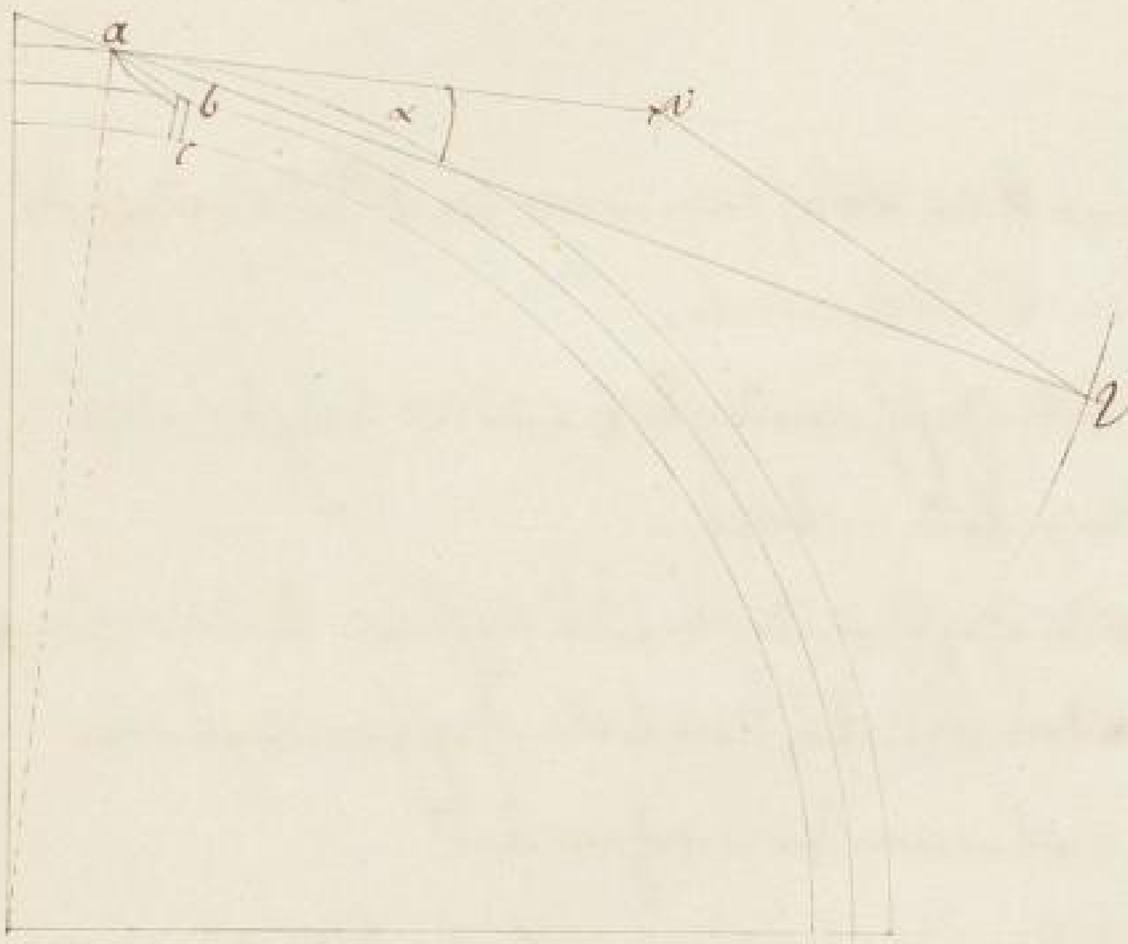
wo n ~~die~~ = 6 = die Umdrehungszahl des Rades pro Minute,

D der Durchmesser desselben = 18 Fuss = 5,104 Mtr bezeichnen, demnach

$$v = \frac{3,14159 \cdot 6 \cdot 5,104}{60} = 1,604 \text{ Mtr.}$$

$h = 5,103$ Mtr.

Der Winkel α lässt sich am einfachsten durch Construktion finden. Man zeichne nach ir-



und einem Maaßstabe sich den obern Radquadranten, man weiß nun, daß in der 2ten Schaufel vom Radscheitel aus gerechnet das Wasser einfällt, verzeichne sonach die Schaufel abc richtig. An den Punkt a trage man nun tangential die gefundene Geschwindigkeit v des Radumfanges, nehme sodann die Geschwindigkeit V des einfallenden Wassers in den Zirkel und beschreibe von a aus einen Kreisbogen. Hierauf ziehe man von v aus eine Parallele mit der Stoßschaufel ab so weit, bis sie genannten Kreisbogen schneidet. Den so erhaltenen Punkt V verbindet man dann mit a durch eine grade Linie, wodurch man den Winkel x erhält, den man nur zu messen braucht. Er wurde zu 54° gefunden. Es ist also nun

$$\overset{}{}\qquad\qquad\qquad\qquad\qquad\qquad\qquad\qquad\qquad\qquad +1,604$$

$$Pv = 780 . 0,075704 . 5,103 + 102 . 0,075704 (3,04 \cos 14^{\circ} - 1,604)$$

$$= 0,075704 (3980,34 + 220,042)$$

$$= 0,075704 . 4200,382$$

$$= 317,979 \text{ Kilogr. Mtr.}$$

Um nun den Arbeitsverlust durch die Zapfenreibung zu erfahren, muß man erst das Gewicht des Rades u. des darin enthaltenen Wassers berechnen:

<u>Gewicht des Rades.</u>

Inhalt des konischen Theils der Welle

$$f = 2.\frac{\pi h}{3}\left(\frac{R^3 - r^3}{R - r}\right) \text{ wo}$$

$h = 1^{\circ}\,3\tfrac{1}{2}'' = 2{,}3$ Fß; $R = 1{,}27$ Fß; $r = 1{,}02$ Fß

$$f = \frac{2.3{,}1415.2{,}3}{3}\left(\frac{(1{,}27)^3 - (1{,}02)^3}{1{,}27 - 1{,}02}\right)$$

$$= \frac{4{,}813.0{,}9883}{0{,}25} = \frac{4{,}71248}{0{,}25}$$

$= 19$ Cbkfß.

Inhalt des vierkantigen Theils der Welle

$= (1{,}74)^2\, 4{,}66$

$= 3{,}027.4{,}66 = 14{,}105$ Cbkfß.

Inhalt des übrigen Theils der Welle

$= \frac{D^2}{4}\pi h = \frac{(2{,}04)^2}{4}.3{,}14159.6{,}75$

$= 34{,}15$ Cbkfß

Inhalt der ganzen Welle

$= 19 + 14{,}105 + 34{,}15 = 67{,}26$ Cbkfß.

Mittlerer Querschnitt eines Hauptarmes

$= 7''.8\tfrac{1}{2}'' = 59\tfrac{1}{2}\,\square'' = 0{,}413\,\square$ Fß,

Länge eines $= 17{,}01$ Fß,

daher Inhalt $= 17{,}01.0{,}413 = 7{,}025$ Cbkfß

und der von allen 8 Hauptarmen

$= 7{,}025.8 = 56$ Cbkfß.

Inhalt eines Viertelstückes

$= 9''.7\tfrac{1}{2}''.1{,}74' = 0{,}455.1{,}74 = 0{,}7921$ Cbkfß

u. der von allen 8

$= 0{,}7921.8 = 5{,}76$ Cbkfß.

Inhalt eines Kranzes

$= (D^2 - d^2)\frac{\pi}{4} \cdot h = (18^2 - 17,46^2)\frac{3,1415}{4} \cdot 1$

$= 13,456$ Cbkfß

und der beiden Kränze $= 26,9$ Cbkfß.

Inhalt des Bodens

$= (D^2 - d^2)\frac{\pi}{4} h = ((17,1)^2 - (17,02)^2)\frac{3,1415}{4} \cdot 3,06$

$= 7$ Cbkfß.

Inhalt der 60 Schaufeln

a) der Kropfschaufeln $= 60(3,06 \cdot 0,104 \cdot 0,416)$

$= 60 \cdot 0,132 = 7,92$ Cbkfß.

b) der Stoßschaufeln $I = 60(3,06 \cdot 0,104 \cdot r)$

$r = \sqrt{a^2 + b^2} = \sqrt{0,91^2 + 0,416^2} = \sqrt{0,8281 + 0,173}$

$= \sqrt{1,0011} = 1$ Fß

$I = 60(3,06 \cdot 0,104 \cdot 1) = 0,318 \cdot 60 = 19,08$ Cbkfß.

Inhalt der Schaufeln demnach

$= 19,08 + 7,92 = 27$ Cbkfß.

Das Holz hierzu ist überall Fichtenholz, dessen spez. Gewicht $= 0,47$, wenn es trocken ist, was nur bei etwa der Hälfte der Welle der Fall ist, also das Gewicht dieses Theiles

$= \frac{67,26}{2} \cdot 48,7 \cdot 0,47 = 765$ Pfd.

Alles übrige Fichtenholz wird sich mit Wasser gesättigt haben, wo dann das spez. Gew. des genannten Holzes nach Herrn Professor Weisbach 0,76 ist. Der Inhalt der übrigen

Holztheile ist 152,3 Cbkfß, also ihr Gewicht
$= 152,3 \cdot 0,75 \cdot 48,7 = 7420$ ℔,
also das Gewicht sämmtlicher Holztheile
$= 7420 + 765 = 8185$ ℔.
Der durchschnittliche Inhalt eines eisernen
Ringes ist $V = (D^2 - d^2)\frac{\pi}{4} h = ((2,4)^2 - (2,3)^2)\frac{\pi}{4} \cdot 0,16$
$= 0,07132$ Cbkfß,
der von allen 6 Ringen $= 0,4278$ Cbkfß,
daher das Gewicht derselben
$= 0,4278 \cdot 48,7 \cdot 7,7 = 160,39$ ℔.
Gewicht von 2 Kreuzen mit Zapfen $= 882$ ℔,
Gewicht der Schrauben und Hängenägel
$= 400$ ℔, also
das Gewicht der Eisentheile
$= 1442$ ℔.
Es ist daher das Gewicht des ganzen Rades
$= 9262$ ℔ $= 4450$ Kilogr.

<u>Gewicht des Wassers.</u>

Es gehen pro Secunde $= \frac{un}{60} = \frac{6 \cdot 60}{60} = 6$ Schau-
feln durch ein und denselben Punkt und
eben so viele nehmen das Wasser auf,
folglich ist das Wasserquantum einer
Zelle $= \frac{0,075704}{6} = 0,012617$ Cbk. Mtr.
Es sind nun bis zu dem Punkte, wo das Was-
ser aus den Zellen auszufließen anfängt,

23 Zellen, also das Gewicht des Wassers in ihnen $= 0,012617 \cdot 23 \times 1000$

$= 290$ Kilogr.

Das Gewicht des Wassers in dem wasserausgießenden Bogen kann man recht gut vernachlässigen, indem ja die Formel zur Berechnung des Wasserrades blos bis auf $\frac{1}{20}$tel genau war.

Jetzt kann man die Arbeit der Zapfenreibung bestimmen, sie ist

$= \frac{\pi n \rho f}{30}(G+W)$

in welcher Formel $\rho = 2,75'' = 0,0649$ Mtr. den Zapfenhalbmesser, $f = 0,08$ den Reibungscoefficient, G das Gewicht des Rades u. W das des Wassers bezeichnen, dies eingesetzt giebt

$= \frac{3,1415 \cdot 6 \cdot 0,0649 \cdot 0,08}{30}(4450+290)$

$= \frac{0,01651 \cdot 4740}{5}$

$= 15,65$ Kilogr. Mtr.

Die reine Arbeit des Wasserrades ist also nur

$Pv = 317,979 - 15,65 = 302,329$ Kilogr. Mtr.

<u>Berechnung der Hilfsmaschinen.</u>

Zapfendruck auf die an die Wasserradwelle gekuppelte eiserne $= G + x$

$x = \frac{R}{r} P$, daher Zapfenreibung

$= \frac{\pi n \rho f}{30} \left(G_1 + \frac{R}{r} P \right)$, also Arbeit des Rades

$Pa = Pv - \frac{\pi n \rho f}{30} \left(G_1 + \frac{R}{r} P \right) = A.$

Reibung zwischen den Zähnen der Stirnräder, reducirt auf den Umfang des Wasserrades

$= \frac{f\pi}{R} \left(\frac{1}{N} + \frac{1}{n} \right) \frac{A \cdot R}{v r}.$

Arbeit dieser Reibung

$= f\pi \left(\frac{1}{N} + \frac{1}{n} \right) \frac{A}{r} = A_1$, also

$Pa = Pv - \frac{\pi n \rho f}{30} \left(G_1 + \frac{R}{r} P \right) - f\pi \left(\frac{1}{N} + \frac{1}{n} \right) \frac{A}{r}.$

Arbeit der Zapfenreibung auf der andern Welle

$= \frac{\pi n \rho_1 f}{30} \left(G_2 - \frac{R}{r} P \right)$

$= \frac{\pi n \rho_1 f}{30} \left(G_2 - \frac{A + A_1}{v} \cdot \frac{R}{r} \right)$ demnach

$$Pa = Pv - \frac{\pi n \rho f}{30} \left(G_1 + \frac{R}{r} P \right) - f\pi \left(\frac{1}{N} + \frac{1}{n} \right) \frac{A}{r}$$
$$- \frac{\pi n \rho_1 f}{30} \left(G_2 - \frac{A + A_1}{v} \cdot \frac{R}{r} \right)$$

Dieser Theil der Zwischenmaschinen soll jetzt berechnet werden. Es war

$Pv = 302,329$ Kilogr. Mtr.; $v = 1,604$ Mtr.,

daher $P = \frac{302,329}{1,604}$

$= 188,48$ Kilogr.

G_1 ist $= 1777$ Kilogr.

$R = 2,552$ Mtr.; $r = 0,691$ Mtr.;

$\rho = 0,0649$ „ ; $f = 0,08$ Mtr.; ferner

$$L = 302{,}329 - \left(\frac{3{,}1415 . 6 . 0{,}0649 . 0{,}08}{30}\right) \times \left(1777 + \frac{2{,}552}{0{,}695} . 188{,}48\right)$$

$$= 302{,}329 - \frac{0{,}01629}{5}(1777 + 695{,}13)$$

$$= 302{,}329 - \frac{0{,}01629 . 2472{,}13}{5}$$

$$= 302{,}329 - 8{,}032$$

$$= 293{,}297 \text{ Kilogr. Mtr.}$$

$$A_r = 0{,}12 . 3{,}1415 \left(\frac{1}{55} + \frac{1}{54}\right) \frac{293{,}297}{0{,}695}$$

$$= 0{,}37698 \left(\frac{109}{2850}\right) \frac{293{,}297}{0{,}695}$$

$$= 6{,}858 \text{ Kilogr. Mtr.}$$

$$L_v = 293{,}297 - 6{,}858 = 286{,}339 \text{ Kilgr. Mtr.}$$

Es ist ferner

$G_2 = 2390$ Kilgr.; $g_1 = g$; das übrige wie bei der ersten Welle, also

$$L_a = 286{,}339 - \frac{0{,}01629}{5}\left(2390 - \frac{2{,}552 . 286{,}339}{0{,}695 . 1{,}604}\right)$$

$$= 286{,}339 - \frac{0{,}01629}{5}(2390 - 659{,}272)$$

$$= 286{,}339 - 5{,}836$$

$$= 280{,}592 \text{ Kilogr. Mtr.}$$

Die Kraft L reducirt auf den Zapfenkreis vom Halbmesser b ist

$= \frac{a}{b} L$, von welcher Kraft aber noch ein Theil durch die Zapfenreibung verloren geht, dieser ist reducirt auf den Zapfenkreis

$= \frac{f\rho_1}{b} \cdot \frac{a}{b} P.$

Nach einer bekannten Eigenschaft des Kurbelzapfens wird nun von der übrig bleibenden Kraft pro Spiel ~~übertragen~~ durch die Kolbenstange auf den Balancier übertragen

$= \frac{\pi}{2}\left(\frac{a}{b} P - \frac{f\rho_1}{b} \cdot \frac{a}{b} P\right)$

$= \frac{\pi}{2} \frac{a}{b} P \left(1 - \frac{f\rho_1}{b}\right)$

Es ist nun

$P = \frac{280,592}{1,604} = 174,9$ Kilogr.

$b = 0,7036$ Mtr.; $f = 0,07$; $\rho_1 = 0,0339$ Mtr.

daher genannte Kraft

$= \frac{\pi}{2} \cdot \frac{2,552}{0,7036} \cdot 174,9\left(1 - \frac{0,07 \cdot 0,0339}{0,7036}\right)$

$= \frac{\pi}{2} \cdot \frac{2,552 \cdot 174,9}{0,7036}\left(\frac{0,7036 - 0,02373}{0,7036}\right)$

$= \frac{\pi \cdot 2,552 \cdot 174,9 \cdot 0,67987}{1,40772 \cdot 0,7036}$

$= 962,86$ Kilogr.

Es ist ferner die Arbeit der Zapfenreibung am Balancier pro Sec.

$= \frac{f\rho_2 \alpha \pi}{180}\left(G_3 + \frac{\pi}{2} \cdot \frac{a}{b} P\left(1 - \frac{f\rho_1}{b}\right)\right) \frac{ns}{60},$

wo G_3 das Gewicht des Balanciers,

n die Zahl der Spiele pro Minute u.

s den Kolbenhub u. α den Ausschlagwinkel des Balanciers bezeichnen, der sich aus Folgendem berechnen läßt. Es ist

$\frac{s}{2} = a \sin\frac{\alpha}{2}$

$\sin\frac{\alpha}{2} = \frac{s}{2a}$

und für $s = 1,4163$ Mtr. u. $a = 2,124$ Mtr.

$$\sin\frac{\alpha}{2} = \frac{1,4163}{2 . 2,124} = \frac{1,4163}{4,248} = 0,3334$$

$$\frac{\alpha}{2} = 19^\circ 28' 11,7''$$

$$\alpha = 38^\circ 56' 23,4'' = 38,904^\circ.$$

Es ist ferner hier $n = 12$, $G_3 = 766$ Kilogr,

$\rho_2 = 0,0339$ Mtr; $f = 0,054$;

demnach die gesuchte Arbeit der Zapfenreibung

$$= \frac{0,054 . 0,0339 . 38,904 . \pi}{180}(766 + 962,86) \times \left(\frac{12 . 1,4163}{60}\right)$$

$$= \frac{0,0018306 . 38,904 . \pi . 1728,86 . 0,28302}{180}$$

$= 0,6085$ Kilogr. Mtr.

Obige 962,86 Kilogr. Kraft geben pro Sec. an Arbeit

$$= 962,86 . \frac{ns}{60} = 962,86 . 0,2832$$

$= 272,681$ Kilogr. Mtr.

davon die Zapfenreibung des Balancirers abgezogen

$= 272,681 - 0,6085 = 272,073$ Kilogr. Mtr.

Diese wirken aber unmittelbar auf die Kolbenstangen der 3 Cylinder, daher wirken auf einen

$= \frac{272,073}{3} = 90,69$ Kilogr. Mtr.

$= \frac{90,69}{0,2832} = 320,9$ Kilogr. Kraft.

Die Pressung war durch das Sicherheits-ventil zu 4 Centimeter gefunden worden; dieß giebt an reiner Arbeit für einen Cylinder

$= 226{,}6\,A\,s\,n\,h$

$= 226{,}6 \cdot 0{,}77778 \cdot 12 \cdot 0{,}07$

$= 148{,}2$ Kilogr. Meter.

Dieß trifft aber keineswegs mit obiger Berechnung zusammen, die Kolben- u. Stopfbüchsenreibung noch nicht einmal mit gerechnet. Es ist daher die Kraft des Rades entweder zu klein oder die Pressung zu groß, welches letztere wahrscheinlich der Fall sein wird, indem das Ventil so schlecht construirt war, daß man ~~an~~ ein genaues Resultat nicht erwarten konnte; auch ist ja diese Methode an u. für sich selbst u. vorzüglich für kleine Pressungen sehr ungenau.

Man sieht sich daher jetzt genöthigt, die Kraft des Rades als richtig zu betrachten, die ihr angemessene Pressung durch Rechnung zu finden und dann zu sehen, ob diese Pressung, durch die Windleitung vermindert, dem Widerstande des Betriebes entspricht.

Nennt man die schon gefundene, auf die Kolbenstange wirkende Kraft = P,
A den Querschnitt des Kolbens, D den Durchmesser desselben, c seine Liderungshöhe, d den Durchmesser der Kolbenstange, β die Liderungshöhe in der Stopfbüchse, so muß sein:

$$P = 13598\,h\left(A + f\pi\left(Dc + d\beta\right)\right),$$ oder für

$P = 320$ Kilogr, $A = 0,549$ □Mtr., $D = 0,836$ Mtr. $d = 0,054$ Mtr., $c = 0,094$ Mtr. $\beta = 0,1$ Mtr.

$$320 = 13598\,h\left(0,549 + 0,12\pi\left(0,836 \cdot 0,094 + 0,054 \cdot 0,1\right)\right)$$
$$= 13598\,h\left(0,549 + 0,03162\right)$$
$$= 7886\,h,$$

woraus nun

$$h = \frac{320}{7886}$$
$$= 0,04 \text{ Mtr.}$$

Es ist daher die reine Last pro Sec

$$= 226,6\,A\,s\,n\,h$$
$$= 226,6 \cdot 0,7778 \cdot 0,04 \cdot 12$$
$$= 84,56 \text{ Kilogr. Mtr.}$$

oder für alle 3 Cylinder

$$= 84,56 \cdot 3 = 253,68 \text{ Kilogr. Mtr}$$

Der Wirkungsgrad dieses Gebläses ist demnach

$\varepsilon = \frac{253{,}68}{H m \gamma}$, wo
$H = 5{,}717$ Mtr., $m = 0{,}075704$ Cub.Mtr.
$\gamma = 1000$, demnach
$\varepsilon = \frac{253{,}68}{432{,}84} = 0{,}58$.

Berechnung des Gebläses.

Schädlicher Raum. Im höchsten oder tiefsten Stande steht der Kolben vom Deckel oder Boden 1 Centimetr. ab, also Inhalt dieses Theiles
$\frac{D^2}{4}\pi \cdot 0{,}01 = 0{,}0000785$ Cub.Mtr.
wo $D = 0{,}8362$ der Durchmesser des Cylinders ist. Der noch übrige schädliche Raum besteht in dem Inhalt des Ventilkastens, welcher zu $0{,}03935$ Cub.Mtr. gefunden wurde, daher ganzer schädlicher Raum
$V = 0{,}03935 + 0{,}0000785 = 0{,}03942854$ Cub.Mtr.

Es ist nun das Windquantum pro Sec
$m = \frac{A s_1 n}{60}$
~~wo A der Querschnitt des Kolbens~~, n die Anzahl der Spiele pro Minute u.
$A s_1 = A s - \frac{h}{b} V$
$A = \frac{D^2}{4}\pi = \frac{(0{,}8362)^2}{4} \cdot 3{,}14159$
$= 0{,}549160$ □Mtr.
$s = 1{,}4163$ den Kolbenhub,
$h = 0{,}04$, $b = 0{,}76$ Mtr.

$A_{s_1} = 0,54916 \cdot 1,41163 - \frac{0,04}{0,76} \cdot 0,0394285$

$= 0,77778 - 0,002075$

$= 0,775712.$

Dieses in m eingesetzt, giebt

$m = \frac{0,775712 \cdot 12}{60} = \frac{0,775712}{5}$

$= 0,155142$ Cub. Mtr.

Dieses Volum reducirt auf atmosphärische Dichtigkeit ist

$m_1 = \frac{b+h}{b} m$

$= \frac{0,76+0,04}{0,76} \cdot 0,155142 = \frac{0,8}{0,76} \cdot 0,155142$

$= 0,1633$ Cub. Mtr.

Dieses Volumen gilt für eine mittlere Temperatur von 10^0, für eine von 0^0 ist es daher

$V_0 = \frac{V}{1+0,00365 \cdot t}$

$= \frac{0,1633}{1+0,00365 \cdot 10} = \frac{0,1633}{1,0365}$

$= 0,154646.$

Wegen unvollkommener Schließung der Selbst-ventile etc. darf man blos 0,9 hiervon nehmen, also

Windquantum eines Cylinders pro Sec

$= 0,140854$ Cub. Mtr.,

von allen 3 Cylindern $= 0,422244$ Cub. Mtr.

" " " " pro Minute $= 25,346$ " "

" " " " " " $= 1115,2$ Cub. Fuß,

das reducirt ist auf 0,76 Mtr. Barometerstand und 0 Grad.

Berechnung der Windquanta für die verschiedenen Öfen.

Im vorigen war die Pressung zu 0,04 Mtr angenommen worden, bei welcher Pressung man aber zu hohe Windmengen für die Öfen erhielt und noch dazu sehr lange vergebens arbeitete.

Wir wollen nun sehen, ob eine Pressung von 0,035 Mtr. Quecksilbersäule dem Betrieb besser entsprechen wird. Man hat für die Berechnung des Windquantums wenn die Pressung sehr entfernt von der Düse beobachtet hat, folgende Formel:

$$m = \mu \cdot \frac{\pi}{4} \sqrt{\left[\frac{2gk\, Ln\left(\frac{p}{p_1}\right)}{\left(\frac{1}{\mu^2} - \frac{1}{\mu_1^2}\right)\frac{1}{d^4} + \frac{1}{\mu_1^2 d_1^4} + \frac{2g\beta l}{d^5}} \right]}$$

Nach dieser Formel wollen wir nun versuchen, das Windquantum für einen Kupferofen zu berechnen. Es bezeichnen nun

$k = 7954,2(1 + 0,00364 \cdot t)$ der für $t = 10^0$

$= 7954,2(1,0364) = 8243,$

$Ln\left(\frac{p}{p_1}\right) = Ln\left(\frac{b+h}{b}\right) = Ln\left(\frac{0,76 + 0,035}{0,76}\right)$

$= Ln \frac{0,795}{0,76} = 0,044792,$

$d = 0,3$ Mtr. den Durchmesser der Windleitungsröhre, d_1 den der Düse, den μ, ergibt aus dem

Querschnitt a derselben findet man aus S. 56.17

$$a = \frac{d^2 \pi}{4}$$

$$d^2 = \frac{4a}{\pi} \quad \text{und} \quad d = 2\sqrt{\frac{a}{\pi}}$$

Um den Querschnitt a genau zu erhalten, wurde die Düse auf Papier abgedrückt und die so erhaltene Figur dann nach der Simpson'schen Regel berechnet. Man fand da

$a = 0,0015228$ □ Mtr. oder $= 2,7412$ □ Zoll,

$$d = 2\sqrt{\frac{0,0015228}{3,14159}} = 2 \cdot 0,022053 = 0,044106 \text{ Mtr.}$$

Es ist ferner $\mu = 0,74$ der Contractionscoefficient beim Eintritt der Luft in die Windleitungsröhre u. $\mu_1 = 0,87$ der beim Austritt aus der Düse,

$l = 28$ Mtr. die Länge der Windleitung,

$\beta = 0,00184$ der Röhrenwiderstandscoefficient.

Setzt man nun diese Werthe in obige Formel ein, so erhält man als Resultat

$$m = 0,87 \cdot \frac{3,1415}{4}\sqrt{\frac{7244,7}{348284,7}}$$

$$= 0,87 \cdot \frac{3,1415}{4} \cdot 0,14422$$

$= 0,098540$ CbMtr. pro Sec.

$= 5,91294$ CbMtr. pro Minute,

$= 260$ Cbfss pro Minute, ein Resultat, das mit dem von Herrn Winkler angegebenen zu 250–270 Cbfss pro Minute sehr gut übereinstimmt.

Nach denselben Versuchen fand man für einen Schweißofen, dessen Düsenquerschnitt

= 0,001325 □Mtr. = 2,37744 □Zoll

war,

m = 0,053786 Cb.Mtr. pro Secunde.

= 3,22712 Cb.Mtr. pro Minute,

= 142 Cb.Fuß pro Minute, was mit den Angaben des Herrn Merbach zu 150 Cb.Fuß pro Minute ebenfalls zutrifft.

Der Treibherd hat 2 Düsen, jede von Querschnitt

= 0,0007055 □Mt = 1,2576 □Zoll

das Windquantum für jede Düse ist

m = 0,0289255 Cb.Mtr. pro Secunde,

= 1,73553 Cb.Mtr. pro Minute.

= 76,36 Cb.Fuß pro Minute.

Für beide Düsen daher

m = 0,057851 Cb.Mtr. pro Sec.,

= 3,47106 Cb.Mtr. pro Minute,

= 152,72 Cb.Fuß pro Minute.

Herr Schwamkrug hat dafür durch ein an der Düse angebrachtes Manometer 150 Cb.Fuß gefunden.

Diese Resultate stimmen jedenfalls sehr gut mit bereits schon durch Andere gefundenen und es scheint demnach die oben angenommene Pressung zu 3,5 Centimeter die richtige zu sein. Wird vielleicht einmal ein Manometer am Gebläse angebracht werden, so wird man sich auch sehr leicht vom Gesagten überzeugen können.