Aufgaben

aus der Bergmaschinenlehre, im Lehrjahre 18$^{44}/_{45}$.

gefertigt von

Robert Julius Richter

1.

Es ist aus den Dimensionen, der Länge und dem Gefälle des neuen Kunstgrabens bei Himmelfahrt Fundgrube, die Wassermenge zu berechnen, die durch denselben zugeführt werden kann.

Es beträgt:

die Höhe dieses Grabens = 3 Fß.

" Breite " " = 3 "

das Gefälle " " = 0,0003 = $\frac{h}{l}$

Hieraus folgt der Inhalt des Querschnitts

$a = 3 \cdot 3 = 9$ □Fß.

und der Umfang:

$u = 9$ Fß.

Man hat nun für die Wassermenge:

$m = av = a \cdot$ Geschwindigkeit des Wassers.

Es ist aber:

$$v = -0,003317 + \sqrt{2735,4 \cdot \frac{a}{u} \cdot \frac{h}{l} + 0,0011}$$

$$= -0,003317 + \sqrt{2735,4 \cdot \frac{9}{9} \cdot 0,0003 + 0,0011}$$

$$= -0,003317 + \sqrt{0,82172}$$

$$= -0,003317 + 0,9064$$

$$= 0,903083 \text{ Fß.}$$

daher folgt:

$$m = 9 \cdot 0,903083$$

$$= 8,1277 \text{ c/Fß. pr. Sec.}$$

$$= 4,876 \text{ Rad Wasser pr. Min.}$$

2.

Um die Wassermenge eines Aufschlaggrabens zu finden, läßt man das Wasser durch eine Schutzöffnung fließen, zieht dann das Schutzbret, damit mehr Wasser ab-, als zufließt, wieder auf, beobachtet von Zeit zu Zeit den Wasserstand, und verschließt am Ende das Schutzbret ganz. Es ist nun aus den einzelnen Druckhöhen, den entsprechenden Beobachtungszeiten, der Zeit, innerhalb welcher das Wasser auf die erste Druckhöhe zurücksteigt, und aus dem Inhalte der Schutzöffnung, die Wassermenge zu berechnen.

Man hat im Allgemeinen die Formel:

$$m = \mu b c \sqrt{2g\left(h - \frac{c}{2}\right)} \cdot t.$$

Es ist hier:

m = die in t Sec. ausgeflossene Wassermenge

μ = der Geschwindigkeitscoefficient

b = die Weite der Öffnung

c = Höhe derselben

h = mittlerer Wasserstand, während dem Ausfließen.

Weite der Öffnung = 0,45 Mtr. = b

Höhe derselben = 0,35 Mtr. = e

Wasserhöhe über der oberen Kante der Öffnung =
= 0, 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80 Sec.
0,751; 0,712; 0,672; 0,640; 0,616; 0,594; 0,571; 0,562 Mtr.

Zeit zum Aufsteigen auf die nächste Höhe nach Abschluß der Öffnung = 126 Sec.

Nach der Simpson'schen Regel hat man:

$$h = \frac{h_0 + 4(h_1 + h_3 + h_5 + h_7) + 2(h_2 + h_4 + h_6) + h_8}{24}$$

$$= \frac{0{,}751 + 4(0{,}712 + 0{,}640 + 0{,}594 + 0{,}562) + 2(0{,}672 + 0{,}616 + 0{,}571)}{24}$$

+0,593

$$= \frac{0{,}751 + 10{,}042 + 3{,}718 + 0{,}343}{24}$$

$$= \frac{15{,}044}{24}$$

$$= 0{,}627 \text{ Mtr.}$$

Da das Wasser zur Erreichung seiner ersten Höhe = 126 Sec. gebraucht, so wird:

$$m = \frac{\mu b e \sqrt{2g\left(h - \frac{e}{2}\right)} \cdot t}{126 + t}$$

$$= \frac{0{,}61 \cdot 0{,}45 \cdot 0{,}35 \sqrt{2 \cdot 9{,}81\left(0{,}627 + \frac{0{,}35}{2}\right)} \cdot 80}{80 + 126}$$

$$= \frac{0{,}096075 \sqrt{19{,}62 \cdot 0{,}802} \cdot 80}{206}$$

$$= \frac{0{,}096075 \cdot 3{,}966 \cdot 80}{206}$$

$$= \frac{30{,}6226760}{206}$$

$$= 0{,}1481 \text{ c/Mtr.}$$

3.)

Ein Gerinne mit rechtwinkligem Querprofile liefert bei 6 Fuß Breite und 2 Fuß Tiefe, 30 c/Fuß Wasser pr. Sec. – Wie viel wird dasselbe bei $2\frac{1}{4}$, $2\frac{1}{2}$, $2\frac{3}{4}$, 3 Fuß, und ferner bei 1, $1\frac{3}{4}$, $1\frac{2}{3}$ u. $1\frac{3}{4}$ Fuß Wassertiefe liefern?

Man hat die Formel:

$$\frac{dm}{m} = \frac{3}{2} \cdot \frac{b}{a} \cdot dc.$$

$$dm = \frac{3}{2} \cdot \frac{b}{a} \cdot dc \cdot m$$

Hierin sind:

dc = Zunahme der Tiefe

b = Breite

a = Inhalt des Querprofils

1.) Ist nun die Wassertiefe = $2\frac{1}{4}$ Fuß.

$$dm = \frac{3}{2} \cdot \frac{b}{a} \cdot dc \cdot m$$

$$= \frac{3}{2} \cdot \frac{\cancel{6}}{12} \cdot \frac{1}{4} \cdot 30$$

$$= 5{,}625 \text{ c/Fuß}$$

ff. $m = 30 + 5{,}625$

$$= 35{,}625 \text{ c/Fuß.}$$

2, Es sei die Wassertiefe = 2½ Fuß.

$dm = \frac{3}{2} \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2} \cdot 30$

$= 11,25$ °/ Fß.

d. h. $m = 30 + 11,25$

$= 41,25$ °/ Fß

3, Es sei die Wassertiefe = 2¾ Fuß.

$dm = \frac{3}{2} \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{3}{4} \cdot 30$

$= 16,875$ °/ Fß.

d. h. $m = 30 + 16,875$

$= 46,875$ °/ Fß.

4, Es sei die Wassertiefe = 3 Fuß

$dm = \frac{3}{2} \cdot \frac{1}{2} \cdot 1 \cdot 30$

$= 22,5$ °/ Fß.

d. h. $m = 30 + 22,5$

$= 52,5$ °/ Fß.

5, Es sei die Tiefe = 1 Fuß.

$dm = -\frac{3}{2} \cdot \frac{1}{2} \cdot 1 \cdot 30$

$= -22,5$ °/ Fß.

d. i. $m = 30 - 22,5$

$= 7,5$ °/ Fß.

6, die Tiefe sei = 1¼ Fuß.

$dm = -\frac{3}{2} \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{3}{4} \cdot 30$

$= -16,87$ °/ Fß

d. h. $m = 30 - 16,87$

$= 13,13$ °/ Fß.

7, die Tiefe sei = 1⅔ F.

$dm = -\frac{3}{2} \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{3} \cdot 30$

$= -7,5$ °/ Fß.

d. h. $m = 30 - 7,5$

$= 22,5$ °/ Fß.

8, Es sei die Tiefe = 1¾ Fuß.

$dm = -\frac{3}{2} \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{4} \cdot 30$

$= -5,625$

d. h. $m = 30 - 5,625$

$= 24,375$ °/ Fß

4. Es ist für ein Gefälle von 9½ Mtr. die Anwendung u. Berechnung eines oberschlächtigen Wasserrades zu machen, das bei einem Aufschlag von 12 Cubikmeter p. m. 4½ Umdrehungen macht.

Bezeichnet H = das ganze Gefälle, ferner h, diejenige welche der Geschwindigkeit des Wassers = c zukommt, so ist der Halbmesser des zu berechnenden Rades:

$$R = \frac{H-h}{2}$$

wo $h = \frac{1,1 \cdot c^2}{2g}$

u. $c = \frac{3}{2}v$

also $R = \dfrac{H - \dfrac{\left(\frac{3}{2}\right)^2 v^2 \cdot 1,1}{2g}}{2}$

Ist v = Umdrehungsgeschwindigkeit, so wird:

$$2R = H - \frac{\frac{9}{4}\left(\frac{3,141}{30} \cdot \frac{9}{2} R\right)^2 1,1}{2g}$$

$$= H - \frac{1,1}{8 \cdot 1,09} \cdot \frac{3,141^2}{100} \cdot \frac{9}{4} R^2$$

$$R^2 + \frac{2 \cdot 8 \cdot 1,09 \cdot 400}{3,141^2 \cdot 9 \cdot 1,1} \cdot R = \frac{H \cdot 8 \cdot 1,09 \cdot 400}{3,141^2 \cdot 9 \cdot 1,1}$$

$$R = -35,71 + \sqrt{35,71^2 + 35,71 \cdot \frac{9}{2}}$$

$$= -35,71 + 40,18$$

$$= 4,47 \text{ Mtr.}$$

Die Breite des Radkranzes sei $b = 10'' = \frac{1}{4,2}$ Mtr., das Wasser soll nur den 4ten Theil der Schaufeln ausfüllen, so folgt demnach die Radweite:

$$w = \frac{120 \cdot m}{n \cdot a \cdot R \cdot b}$$

$$= \frac{22,4}{14,04}$$

$$= 1,59 \text{ Mtr.}$$

Ist 10'' die Entfernung der einzelnen Schaufeln von einander, so wird:

$$\text{Schaufelzahl} = n = \frac{2 \cdot \pi \cdot R}{\frac{1}{4,2}}$$

$$= 3,141 \cdot 4,47 \cdot 8,2$$

$$= 117,9$$

wofür man gewöhnlich dann 100 Schaufeln nehmen würde.

Der Neigungswinkel = δ, wird, wenn man den Theilkreis in die Mitte legt:

$$\operatorname{tg}\delta = \frac{\frac{2.\pi.R}{100}}{\frac{1}{2}b.}$$

$$= \frac{2.\pi.R}{100 \cdot 0{,}119}.$$

$$= 2{,}4407.$$

$$\log\operatorname{tg}\delta = 10{,}3880479$$

$$\text{d.h. } \delta = 67^\circ\,44'\,41''.$$

woraus man bei nicht zu großen Geschwindigkeiten

$$\delta = 70^\circ$$

annehmen kann.

Das Wasser fällt in einer Parabel herab, u. zwar entspricht die Höhe derselben der Geschwindigkeit des Wassers u. dem Eintrittswinkel = α.

Das Schutzbrett muß annäherungsweise an die Tangente dieser Parabel angelegt werden, u. zwar ziemlich nahe an das Rad, damit das Wasser beim Fallen nicht an Kraft verliert.

Ist β der Winkel des eintretenden Wassers in das Rad beim Eintritt $= \frac{360}{100} \cdot 2.$

$$= 7^\circ.\,12'$$

ferner ist $\sin\varphi = \frac{v}{c} \cdot \cos\delta = \frac{2}{3} \cdot \cos\delta.$

$$\log\sin\varphi = 0{,}3010300 + 9{,}5340517 - 0{,}4771213$$

$$= 9{,}3579604$$

$$\varphi = 13^\circ\,10'\,47''$$

so wird:

$$\alpha = 90 + \beta - (\varphi + \delta)$$

$$= 14^\circ\,1'\,19''$$

die Geschwindigkeit mit der das Wasser in das Rad fällt ist:

$$c = \frac{3}{2} \cdot v$$

$$= \frac{3}{2} \cdot \frac{\pi . R . u}{60}$$

$$= \frac{3{,}141 \cdot 4{,}47 \cdot 9}{4 \cdot 10}$$

$$= 3{,}159 \text{ Mtr.}$$

$$\text{d.h. } v = 2{,}106 \text{ Mtr.}$$

Um den Scheitel der Parabel zu finden, hat man die Abscisse a u. die Ordinate b zu finden

Es ist:

$$a = \frac{v^2 . \sin \alpha^2}{2g}$$

$$= \frac{3,159^2 (\sin 9^\circ 1' 19'')^2}{19,62}$$

oder $\log a = 0,9990792 + 0,7868852 - 2 - 1,2926990$

$$= 0,4750804 - 2$$

d. i. $a = 0,02988$ Mtr.

Ferner:

$$b = \frac{v^2 . \sin 2\alpha}{2g}$$

$$= \frac{3,159^2 . \sin 28^\circ 2' 38''}{19,62}$$

oder $\log b = 0,9990792 + 0,6722340 - 1 + 1,2926990.$

$$= 0,3786345 - 1$$

d. i. $b = 0,239$ Mtr.

Die Wirkung durch Stoß ist demnach

$$= 102 (c \sin (\varphi + \delta) - v) v . m$$

$$= 102 (3,159 . \sin 80^\circ 10' 41'' - 2,106) 2,106 . m$$

$$= 102 . 1,031 . 2,106 . m$$

$$= 221,53 . m$$

Die Wirkung durch Stoßgefälle in 3 Theile, wovon der erste vom Einfallpunkte bis zum Radscheitel

$$= h_1 = R . \cos \beta = 2,47 . \cos 7^\circ 12'$$

$$= 2,4504 \text{ Mtr.}$$

der zweite von da bis zum Austrittspunkte

$$= h_2 = R . \sin \gamma$$

wo γ = der dazugehörige Centriwinkel ist

der dritte von da, bis das Wasser aus der Schaufel ... befindet.

$$h_3 = R_1 \sin \delta - h_2$$

wo R_1 = Halbmesser des Theilkreises ist.

Ist a_0 = der Querschnitt des in den Schaufeln befindlichen Wasserquantums, so ist

$$a_0 = \frac{60 . m}{n . u . m}$$

$$= \frac{24}{9,159}$$

$$= 0,0267 . q . m$$

Hieraus folgt:

$$\operatorname{tg} v = \frac{P - D - a_0}{\frac{b \cdot c}{2}},$$

wo P = das zwischen zwei [illegible] Schaufeln gelegene Stück des Radkranzes, u. D = das [illegible] abgeschnittene Stück bedeutet.

Es ist:

$$P = \left(\frac{2 \cdot \pi \cdot R}{100} + \frac{2\pi (R-b)}{100}\right) \frac{b}{2}$$

$$= \frac{0{,}141}{100} \left(8{,}94 - 0{,}234\right) \frac{1}{4{,}2}$$

$$= 0{,}063 \text{ qm.}$$

u.

$$D = \frac{\frac{2 \cdot \pi \cdot R}{100} \cdot \frac{1}{4{,}2} \cdot \frac{1}{2}}{2}$$

$$= \frac{14{,}04027}{840}$$

$$= 0{,}016714 \text{ qm.}$$

demnach wird:

$$\operatorname{tg} v = \frac{0{,}063 - 0{,}0167 - 0{,}0167}{\frac{1}{2}\left(\frac{1}{4{,}2}\right)^2}$$

oder $\log \operatorname{tg} v = 10{,}0472157.$

also $v = 48^\circ 6' 30{,}3''$

u. dann:

$$h_2 = R . \sin v.$$

$$= 4{,}47 \sin 48^\circ 6' 30{,}3''$$

$$\log h_2 = 0{,}6503075 + 0{,}8718114 - 1$$

$$= 0{,}5221189$$

u. $h_2 = 3{,}327$ Met.

ferner

$$h_3 = R_1 \sin \delta - h_2$$

$$= \left(R - \frac{b}{2}\right) \sin \delta - h_2$$

$$= 4{,}351 \sin \delta - h_2$$

$$= 4{,}351 \cdot \sin 70^\circ - 3{,}327$$

$$= 4{,}088 - 3{,}327$$

$$= 0{,}761 \text{ Met.}$$

Sind nun a_0, a_1, a_2, a_3 die durchschnittlichen Wassermengen in den verschiedenen Schaufeln, so ist:

$$a_0 = 0{,}0167 \text{ qm.}$$

$$a_1 = \frac{0{,}31 \cdot 0{,}075}{2} = 0{,}012 \text{ qm.}$$

$$a_2 = \frac{0{,}306 \cdot 0{,}046}{2} = 0{,}007 \text{ qm.}$$

$$a_3 = \frac{0{,}294 \cdot 0{,}026}{2} = 0{,}0038 \text{ qm.}$$

Es folgt demnach:

mittlere Wassermenge $m_1 = \frac{a_0 + 4(a_1 + a_3) + 2a_2}{12 \cdot a_3}$.

$$m_1 = \frac{0{,}0167 + 4(0{,}012 + 0{,}0088) + 2 \cdot 0{,}007}{12 \cdot 0{,}0167} \cdot m$$

$$= \frac{0{,}0939}{0{,}2004} \cdot m_1$$

$$= 0{,}468 \cdot m$$

Hiermit folgt die Gesamtreibung:

$$P_v = (221{,}50 + (7{,}404 + 3{,}327 + 0{,}468 \cdot 0{,}761)\omega)\, m_1$$

$$= (221{,}53 + 8117{,}148) \tfrac{1}{5}$$

$$= 1667{,}735.$$

Berücksichtigt man nun die Centrifugalkraft nicht, so wird demnach der

$$\text{Wirkungsgrad} = \frac{1667{,}735}{1900} = 0{,}87.$$

zu groß.

b,

Man soll für ein Gefälle von 3 m. und eine Wassermenge von 30 $^{\text{m}c}$ pr. Min. eine Turbine anordnen und berechnen, d. die pr. Min. 50 Umdrehungen macht.

Die Geschwindigkeit des inneren Radkranzes macht man am zweckmäßigsten, der, welche dem gegebenen Gefälle h entspricht gleich.

Man hat hiernach:

$$v = 0{,}95 \sqrt{2gh}$$

$$= 0{,}95 \sqrt{19{,}62 \cdot 2}$$

$$= 5{,}947 \text{ Mtr.}$$

Und hiermit folgt der innere Halbmesser der Turbine

$$R = \frac{v \cdot 30}{\pi \cdot n}$$

$$= \frac{17 \, 8 \cdot 5{,}947}{3{,}141 \cdot 50}$$

$$= 1{,}136 \text{ Mtr}$$

Ist δ = $\angle$ den das äußere Schaufelelement, mit der Tangente des äußeren Radumfanges ein, schließt:

$$\delta = 10^{\circ}$$

und der äußere Halbmesser

$$R_1 = \frac{4}{3} \cdot R$$

$$= 1{,}514 \text{ Mtr}$$

so wird die Kranzbreite =

$$= 1{,}514 - 1{,}136$$

$$= 0{,}378 \text{ Mtr.}$$

Ist β ferner der Winkel, den das innerste Schaufelelement mit der Tangente des inneren Radumfangs einschließt, so:

$$\beta = 90^\circ$$

Ist ferner v_1 die Geschwindigkeit des äußersten Radumfangs, die der Geschwindigkeit c_2, mit der das Wasser aus dem Rade tritt, entspricht, so erhält man:

$$v_1 = v \cdot \frac{R_1}{R} = \frac{4}{3} \cdot 5{,}947$$
$$= 7{,}929 \text{ Met.} = c_2.$$

Ist nun c_1 die Geschwindigkeit, mit der das Wasser in die Schaufeln tritt,

$$\text{d. i. } c_1 = \frac{R_1}{R} \cdot \frac{v_1 \sin \delta}{\sin \beta}$$
$$= 10{,}572 \cdot \sin 10^\circ$$

$$\text{und } \log c_1 = 1{,}0241572 + 0{,}2396702 - 1$$
$$= 0{,}2638274$$

$$\text{also } c_1 = 1{,}835 \text{ Met.}$$

Die Geschwindigkeit, mit der das Wasser aus den Leitschaufeln in das Rad tritt, ist:

$$c = \sqrt{c_1^2 + v^2}$$
$$= \sqrt{1{,}835^2 + 5{,}947^2}$$
$$= \sqrt{38{,}734}$$
$$= 6{,}223 \text{ Met.}$$

Hieraus folgt die Geschwindigkeit des Wassers aus der Schütze

$$= \frac{6{,}223}{0{,}95} = 6{,}55 \text{ Met.}$$

Die erforderliche Radweite ist:

$$e = \frac{M}{2 \cdot \pi \cdot R_1 \cdot v_1 \sin \delta}$$

$$= \frac{\frac{1}{2}}{2 \cdot 3{,}141 \cdot 1{,}514 \cdot 7{,}929 \cdot \sin 10^\circ}$$

$$\log e = 1 - 1{,}4181424$$
$$= 0{,}5818576 - 2.$$
$$= 0{,}038 \text{ Met.}$$

Der Winkel α, den das äußerste Element der Leitschaufeln mit der Tangente des inneren Kreises des Radkranzes einschließt, wird gegeben durch:

$$\cot \alpha = \left(\frac{R_1}{R}\right)^2 \cdot \sin \beta - \cot \beta.$$

$$= \left(\frac{4}{3}\right)^2 \cdot \sin 90^\circ - \cot 90^\circ$$

$\log. \cot \alpha = 1,2041200 - 0,9542426$

$= 10,2498774$

$\alpha = 29^\circ 21' 28''$

die Schaufelanzahl ist, wenn man als Entfernung der einzelnen Schaufeln 0,038, die Breite des Radkranzes annimmt:

$$n = \frac{2 \cdot \pi \cdot R}{0,038}$$

$$= \frac{3,568176}{0,019}$$

$$= 182,63,$$

wofür man aber 180 anzuwenden hat. Hieraus folgt die Entfernung der Schaufeln von einander in dem innern Kreisbogen des Kranzes.

$$= \frac{1,136 \cdot 3,141 \cdot 2}{180}$$

$$= \frac{3,568176}{90}$$

$$= 0,03965 \text{ Met.}$$

und an dem äußeren Kreisbogen des Kranzes:

$$= \frac{2 \cdot 3,141 \cdot 1,614}{180}$$

$$= 0,0528 \text{ Met.}$$

Hieraus folgt die Wirkung der Turbine mit Berücksichtigung der Reibung des Wassers:

$$P_r = \left[\left(1 - \left(\frac{R_1}{R} \cdot \delta\right)^2\right) 0,9 \cdot h - 0,01 \cdot \frac{l(b+e)}{2g \cdot be} \cdot \frac{(c_1 + c_2)^2}{2}\right] Mg$$

wo $b = 0,029$ d. i. die mittlere Entfernung der Schaufeln von einander u. $l = 0,64$ d. i. die Länge derselben.

$$P_r = \left[\left(1 - \left(\frac{2}{3} \cdot \frac{10}{180} \cdot 3,141\right)^2\right) 0,9 \cdot 2 - 0,01 \cdot \frac{0,64(0,029 + 0,038)}{19,62 \cdot 0,029 \cdot 0,038} \cdot 4,882^2\right] Mg$$

$$= (1,7025606 - 0,4619202) Mg$$

$$= 620,0187,$$

woraus der Wirkungsgrad

$$= 0,62 \text{ folgt.}$$

7\. Anwendung z. Berechnung einer einfachwirkenden Wassersäulenmaschine für 35 Met. Gefälle und 1 Kubikmeter Wasser pr. Min. zu machen.

Die Maschine habe einen Hub von 3 Met. und sie mache pr. Min. 2 Spiele.

Der Weg des Treibkolbens ist $= 4 \cdot 3 = 12$ Met. pr. Min.

d. h. pr. Sec. $= 0,2$ Met.

Zu jedem Auf- u. Niedergang gebraucht der Kolben = 15 Sec., dabei ist bei jedem Aufgange $\frac{1}{2}$ cm. Wasser erforderlich, folglich für

$$\text{pr. Sec.} = M = \tfrac{1}{30} \text{ c.m.}$$

Ist s_1 der Kolbenhub pr. Sec., so wird auch

$$M = As_1$$

$$A = \frac{M}{s_1} = \frac{\frac{1}{30}}{0,2}$$

$$= 0,167 \text{ □Mtr.}$$

wo A = der Querschnitt des Treibekolbens ist

den Querschnitt der Hülfsöffnungen und des Communicationsrohres zwischen dem Treibe- und Steuercylinder, macht man in der Regel:

$$a = \tfrac{1}{5} A,$$

$$= 0,033 \text{ □Mtr.}$$

Ist die Höhe des Communicationsrohres annähernd gleich 0,2 Meter, so wird die Breite

$$= 0,275 \text{ Mtr.}$$

macht man die Fläche des Steuerkolbens

$$A_1 = \tfrac{1}{3} A$$

$$= 0,055 \text{ □Mtr.}$$

und des Treibekolbens und Steuercylinders

$$A_2 = \tfrac{2}{3} A_1$$

$$= 0,074 \text{ □Mtr.}$$

Steuerwasser pr. Sp. $= A_2 s_1 = 0,074 \cdot 0,2$

$$= 0,0148 \text{ □Mtr.}$$

da man hier zu viel Wasser nöthig hat, um den Steuerungskolben zu bewegen, so muß man den Treibekolben kleiner machen, d. h.

$$A = 0,1614 \text{ □Mtr.}$$

fl. Durchmesser d. Treibekolbens $= D = 2\sqrt{\frac{0,1614}{\pi}}$

$$= 0,452 \text{ Mtr.}$$

die Breite der Liederung ist $b = 0,12$ Mtr.

fl. Arbeit d. Maschine pr. Sec.

$$= \frac{A n s}{60} \cdot H_g.$$

$$= 532,7 \text{ Meterkilogr.}$$

somit wird die Kraft der Widerstände, die die Wirkung herabziehen, durch entsprechende Wassersäulenhöhe ausgedrückt: hervor.

$$P = A\left(H - \Sigma(h)\right)\gamma.$$

1. Kraftverlust durch Reibung d. Treibkolbens:

$$h_1 = 4f \cdot \frac{b}{D} \cdot H.$$
$$= \frac{1}{10} H.$$
$$= 3,5 \text{ Mtr.}$$

2. Kraftverlust durch Reibung der Kunstkolben.

Reibung $F = f \cdot \pi \cdot b_1 \cdot H\gamma\,(x+y)$

wo x u. y ihre Durchmesser sind d. i.:

$$x = 0,306 \text{ Mtr.}$$
u. $$y = 0,264 \text{ Mtr.}$$
u. $$b_1 = 0,1 = \text{Breite d. Liderung}$$

die entsprechende Wassersäulenhöhe dafür ist nun:

$$h_2 = f \cdot \pi \cdot b_1 (x+y) H$$
$$= 0,06 \cdot 3,141 \cdot 0,1\,(0,306 + 0,264)\,35.$$
$$= 0,06 \cdot 35$$
$$= 1,9 \text{ Mtr.}$$

3. Wasserreibungswiderstand in den Röhren

$$h_3 = 0,02 \cdot \frac{l \cdot D^4}{d^5} \cdot \frac{v^2}{2g}$$

wo l = Länge der Röhren, d. $v = 0,2$ Mtr. d. i. Geschwindigkeit des Kolbens pr. Sec.

St. Röhrendurchmesser d. Kreisfläche = $d = 2\sqrt{\frac{0,055}{3,141}}$
$$= 0,264 \text{ Mtr.}$$

St. $$h_3 = 0,02 \cdot 37 \cdot \frac{0,452^4}{0,264^5} \cdot \frac{0,2^2}{2 \cdot 9,81}$$
$$= 0,0015 \cdot \frac{0,0418}{0,00128}$$
$$= 0,04 \text{ Mtr.}$$

4. Widerstandshöhe wegen Trägheit des Wassers

$$h_4 = \frac{D^2}{d^2} \cdot \frac{l}{s} \cdot \frac{v^2}{2g}$$
$$= \frac{0,305}{0,452}$$
$$= 1,62 \text{ Mtr.}$$

e. Kraftverlust, durch undichtgehende Kolben entstehend:

$$h_5 = A_1(s_1+b_1)H.$$
$$= 0,055(0,2+0,1)H$$
$$= 0,057 \text{ Met.}$$

f. Verlust wegen Reibung des Kolbens.

$$h_6 = f.\pi.r.y.H$$

wo r = der obere Halbmesser des Kolbens = 0,05 u. y die vom Wasser gedrückte Höhe = 0,02

ist. $h_6 = 0,2 \cdot 3,141 \cdot 0,05 \cdot 0,2 \cdot 35$
$$= 0,22 \text{ Met.}$$

Hieraus folgt nun die Kraft der ganzen Maschine:

$$P = A(H - \Sigma(h))\gamma$$
$$= 0,1674\,(35 - 6,375)\,1000$$
$$= 0,1674 \cdot 28625$$
$$= 4120,07 \text{ Kilgr.}$$

Arbeit pr. Std. = Ps = 122660,21 Kilgr. Met.

" pr. Sec. = 422 Kilgr. Met.

Es ist nun die disponible Arbeit der Maschine pr. Sec.

$$= m \cdot H \cdot \gamma$$
$$= \frac{1}{60} \cdot 35 \cdot 1000$$
$$= 583,3 \text{ Kilgr. Met.}$$

ist der Wirkungsgrad:

$$e = \frac{422}{583,3} = 0,72.$$

8.

die Anordnung und Berechnung einer Dampfgöpels am 10 Pferdekräften mit mittlerem Stand zu machen.

Ist die Geschwindigkeit des Dampfkugels $= c = 1$ Mtr. die Ladungsmasse $M = 750$ Klgr., ist ferner die Tiefe des Schachtes $= 200$ Mtr, ferner das Gewicht einer Tonne $= 250$ Klgr $= T$, so hat man

1. Widerstand wegen Seilbiegung

$$W_1 = \frac{v(M + 2T + L\gamma)}{r}$$

wo $v = 0{,}003$, $\gamma = 1{,}1$ u. L = Länge des Seiltreibe u. $r = 1$ Mtr = Halbmesser d. Seilscheibe ist.

$$W_1 = 0{,}003(750 + 500 + 220)$$
$$= 4{,}41 \text{ Klgr}$$

2. Ist das Gewicht einer Seilscheibe $= 200$ Klgr. u. der Zapfenhalbmesser $= \rho = 0{,}025$ Mtr, so wird Widerstand wegen Zapfenreibung.

$$W_2 = f\frac{\rho}{r}\left(2G + (M + 2T + L\gamma)\right)$$
$$= 0{,}08 \cdot 0{,}025\,(400 + 750 + 500 + 220)$$
$$= 3{,}74 \text{ Klgr.}$$

3. Widerstand wegen Steifigkeit des Seils.

$$W_3 = \frac{v}{b_1}\left(M + T + \frac{1}{2}L\gamma\right)$$

wo b_1 = Halbmesser des Korbes ist. Macht nun der Kolben der Maschine in der Minute 15 Hube, so ist b_1 = Halbmesser des Getriebes, der 1 Mtr. Geschwindigkeit hat:

$$b_1 = \frac{60 \cdot c}{2 \cdot \pi \cdot n}$$
$$= \frac{60}{93{,}75}$$
$$= 0{,}64 \text{ Mtr.}$$

Es ist aber

$$\frac{b}{b_1} = \frac{10}{4}$$

also $b = 1{,}6$ Mtr.

Hierauf wird:

$$W_3 = \frac{0{,}003}{1{,}6}(750 + 250 + 110)$$
$$= 2{,}08 \text{ Klgr.}$$

Ist das Gewicht des gußeisernen Korbes mit der Welle $G_2 = 1300$ Kilogr., der Zapfenhalbmesser desselben $r_2 = 0{,}075$ Meter und der L, unter dem das Seil an dem Korbe auf den Seilscheiben geht $\alpha = 45^0$, so ist der Widerstand wegen Zapfenreibung am Korbe

$$W_4 = \frac{f r_2}{\rho}\left(G_2 - (M + 2T + Lg)\sin\alpha\right)$$

$$= \frac{0{,}006}{1{,}6}\left(1300 - 1470 \sin 45^0\right)$$

$$= \frac{0{,}006}{1{,}6}\left(1300 - 207{,}9\right.$$

$$= 4{,}09 \text{ Kilogr.}$$

Hat das Kurbelrad 100 Zähne $= N$, so hat das andere Rad $n = 40$ Zähne. Hiernach ist der Widerstand wegen Reibung zwischen den Zähnen:

$$W_5 = \left(M + \leq (W)\right)\left(f\pi\left(\frac{1}{n} + \frac{1}{N}\right)\right.$$

$$= (750 + 14{,}32)\, 0{,}16 \cdot 3{,}141 \cdot \frac{7}{200}$$

$$= 1{,}34 \text{ Kilogr.}$$

Um den Widerstand der Reibung im Zapfen des Getriebes zu finden, muss man zunächst das Gewicht des Schwungrades berechnen.

mittlerer Halbmesser des Schwungrades $= r_2 = 1{,}5$ Mtr.

ferner Höhe im Schwungringe $= 0{,}13$ Mtr.

" Breite " " $= 0{,}1$ Mtr.

Al. Querschnitt des Ringes $= 0{,}013$ □Mtr.

Gewicht des Schwungrades =

$$= G = (g_1 + g_2 + g_3)$$

wo g_1 = Gewicht des Schwungringes

g_2 = " " beiden Arme

g_3 = " der Welle von 1,5 Mtr. Länge $= l$

und ξ = Halbmesser des Zapfens $= 0{,}075$ M.

Hieraus folgt:

$$g_1 = 2\pi . r . a . 7200$$

$$= 1043{,}0 \text{ Kilogr.}$$

$g_2 = n \cdot n_1 \cdot a \cdot 7200$

wo n = Anzahl der Arme
n_1 = Länge derselben
a = Querschnitt derselben

ist. Also.

$g_2 = 6 \cdot 1{,}825 \cdot 0{,}01 \cdot 7200$
$= 572{,}4$ Klgr.

$g_3 = \pi \xi^2 \cdot l =$
$= 3{,}141 \cdot 0{,}075^2 \cdot 1{,}5$
$= 127{,}44$ Klg.

Also $G = 1043 + 572{,}4 + 127{,}44$
$= 1744{,}4$ Klgr.

Das auf der Welle sitzende Getriebe ($g_2 = 150$ Kg) übt auch Druck auf den Zapfen aus.

$$W_6 = f \frac{r_1}{r}(g_1 + g_2)$$
$$= \frac{0{,}08 \cdot 0{,}075}{0{,}64}(150 + 1744)$$
$$= 17{,}7 \text{ Klgr.}$$ d. h. auf den Umfang des Triebes reducirt.

Der Widerstand wegen Wälzungsreibung zwischen Kammrad und Trieb

f_4 = Wälzungscoefficient $= 0{,}037$ Mtr.
s = Weg $= 1{,}0$ Mtr.

Also $W_7 = \frac{f \cdot s_4}{\frac{1}{2} s}(M + \Sigma(w))$
$= \frac{0{,}05 \cdot 0{,}037}{0{,}5}(750 + 33{,}36)$
$= 4{,}33$ Klgr.

Die Zapfenreibung am Balancier.

l = Länge des Balanciers $= 4$ Mtr.
$0{,}4$ = Höhe in der Mitte.
$2 \cdot 0{,}125$ = " an den Enden
$0{,}075$ Mtr = durchschnittliche Breite.

Hieraus ermittelt sich das Gewicht

$G_4 = 566{,}0$

Rechnet man hinzu noch das Gewicht der Welle, so wird

$G_4 = 600$ Kg.

Ist s_1 = 0,05 Mtr = Zapfenhalbmesser am Balancier, so wird:

$$W_1 = \frac{f \cdot s_1}{\frac{l}{2}} \cdot G_1$$

$$= \frac{0,06 \cdot 0,05 \cdot 600}{2}$$

$$= 0,9 \text{ Kilogr}$$

Reducirt man diese Kraft auf die Kolbenstange, so wird

$$= \left(M + \Sigma(W_1)\right) \frac{l}{\frac{s}{2}}$$

$$= 783,36 \cdot 1,2 =$$

$$= 940,0 \text{ Kilogr}$$

Demnach ist die Last, die auf der Kolbenstange wirkt $= 940 - 4,55 + 0,9$

$$= 945,45 \text{ Kilg.}$$

Hieraus folgt nun:

$$\frac{P_0}{2} = 945 \text{ Mtr Kilgr.}$$

d. P_0 = 1888 Mtr Kilgr.

d. pr. Sec. $= \frac{P \cdot 30}{60}$ = 944 Mtr. Kilogr.

<u>Berechnung d. Dampfmaschine</u>

Ist:

Der Durchmesser des Dampfkolbens = $\frac{1}{2}$ δ = 0,5 Mtr

so wird:

Kolbenfläche = $A = \frac{\pi \cdot D^2}{4} = \frac{1}{16} \cdot \pi$ = 0,196 □Mtr.

Ist nun:

Arbeit pr. Sec. = A . p . s = 944 Kilogr Mtr.

wobei durch p. auf d. Kolbenfläche A.

$$p = \frac{944}{A s}$$

wo s = 1 Meter ist.

also $p = \frac{944}{0,196}$

$$= 4816,3 \text{ Kilgr.}$$

$$= \frac{4816,3}{10333} = 0,46 \text{ Atmosph.}$$

also auf 1 □Mtr = 2,34 Atmosph.

Nimmt man Verlust bis auf 0,1 Atmosph. und ...

so wird derselbe auf ein □Mtr

$$P = 2,34 + 0,1 + 0,5$$

$$= 2,94 \text{ Atmosph.}$$

Ist nun die Höhe des schädlichen Raumes = 0,05 Mo = e
so wird die jedesmalige entsprechende Dampfmenge

$$m_1 = A(s+e)$$
$$= (A\ 1{,}305$$
$$= 0{,}206$$

also pro Sec. $m_1 = \frac{n}{60} \cdot 0{,}206$

Schließen wir in der Minute 30 Hübe gemacht so wird

$$m_1 \text{ pro Sec.} = \frac{1}{2} \cdot 0{,}206$$
$$= 0{,}103\ {}^{k}/_{Sec.}$$

Da sich nun das Dampfquantum zum nöthigen Luftzuflussquantum verhält wie:

$$\frac{1}{\alpha+\beta t} : \frac{A(s+e)\frac{n}{60}}{m} = \frac{1}{1{,}000427+0{,}00000000 \cdot 29 \cdot 5 \cdot 10033}$$

so wird hiermit das nöthige Luftzuflussquantum,

$$m_1 = 0{,}001\,892 \cdot m$$
$$= 0{,}171 \text{ Kilogr.}$$

Nimmt man nun die Temperaturen $t = 135{,}1$ u. $t_1 = 40^\circ$, so erhält man die pro Sec. nöthige Menge Brennstoff:

$$W = \left(\frac{550 + t - t_1}{7050}\right) m$$
$$= \left(\frac{550 + 135{,}1 - 40}{7050}\right) 0{,}171$$
$$= \frac{110{,}3121}{7050}$$
$$= 0{,}156 \text{ Kilogr.}$$

also pro Min. = 9,36 Kilogr.
d. pro Std. = 56,16 Kilog.

Durchmesser des Einspritzungsrohres = $d_1 = \frac{1}{4} D = \frac{1}{8}$ Mo.
Temperatur des Dampfes $t = 135$
Temperatur des Einspritzwassers $t_2 = 10^\circ$
Temperatur auf die das Dampfcondensat werden soll
$t_1 = 40^\circ$

so wird

$$W = \text{nöthiges Einspritzwasser} = \left(\frac{550 + t - t_1}{t_2 - t_1}\right) D$$
$$= \frac{550 + 95}{30} \cdot 0{,}206$$
$$= 4{,}200 \text{ Kilg. pro Sec.}$$

die Heizfläche im Kessel ist = 2400

= 0,412 □Mtr.

Behandelt die Wohnräume mit 13 Ofenstellen, so wird

Länge des Kessels = $\frac{F}{2.\pi.r}$ wo r = 0,25 Mtr

= 4,1 Mtr.

Man kann hier r = 2.0,25 = 0,5 annehmen, weil der Kessel nur theilweise an das Wasser berührt wird, u. man auch weil die Hälfte des Kessels mit Mauerung umgeben ist.

Hieraus dann noch die

Kesselstärke = D_1 = 0,001 $(n-1)$ r + 0,009.

wo n = Anzahl der Atmosphären ist.

Also D_1 = 0,001 + 0,009

= 0,01 Mtr.

Durchgesehen, im Juli 1845.

J. W.