Aufgaben
aus der
Bergmaschinenlehre

Acad: Lehrcurs 18$\frac{36}{37}$.

aufgelöst
von
Otto Meißner.

Es ist der zweckmäßigste Lastarm und dann noch der Gang, die Leistung und der Wirkungsgrad eines Haspels auszumitteln, der folgende Dimensionen und Verhältnisse hat.

Reine Last 300 ℔,
Nebenlast 200 ℔,
Richtung der Last 40° gegen den Horizont
Gewicht der Maschine 450 ℔,
Zapfenstärke der Welle 1½",
Kurbungsconstruirt a, c;
Kraft: 4 Menschen.

Bezeichnen wir den zweckmäßigsten Halbmesser, den der Rundbaum werden soll, mit b, die reine Last mit Q, die Zahl der Arbeiter mit n, deren einzelne Kraft mit k, und mit a die durch Erfahrung als für den geschicktesten gefundenen Kurbelhöhe, so ist im Allgemeinen

$$b = \frac{nk}{Q} a$$

Nimmt man nun wie die Erfahrung gelehrt hat k = 30 ℔ u. a = 18"
so wird

$$b = \frac{4.30}{300} 18'' = 7,2 \text{ Zoll}$$

Es muß nicht gerade ein Rundbaum sein.

und der Rundbaum 14,2 Zoll stark.

Die Nebenlast, die den Arbeiter an der Geschwindigkeit hindert, und bekannt seyn muß, ehe diese sich bemerkt, muß reducirt werden. Die am Rundbaum wirkende Nebenlast von 200 ℔ beträgt reducirt $\frac{7,2}{18} 200 = 80$ ℔.
die durch den Zapfenreibung erwachsenden

$$\frac{0,2 \cdot 0,75}{18}\sqrt{(300+200)^2+(450)^2+2.500.450.\cos 20^0}$$

$= 0,0083 \cdot 935,5 = 7,46455$ ℔.

Wenn man statt der Formel $W=\frac{\mu r}{a}\sqrt{Q^2+G^2+2GQ\cos\alpha}$ zu Grunde legt, in der μ den Reibungscoefficienten r den Zapfenhalbmesser G das Gewicht der Maschine vorstellt.

Demnach beträgt nun die gesammte zu überwindende Nebenlast

$$80+7,464 ℔ = 87,464 ℔$$

Die Geschwindigkeit der Kurbel ist dann

$v=\left(1-\frac{W}{2nk}\right)c$, wo c den mittleren Geschwindigkeit des Arbeiters ist, den man $= 2\frac{3}{4}$ Fuß annehmen.

Die für die Größen durch gefundenen Werthe eingesetzt, erhält man

$$v=\left(1-\frac{87,464}{2.4.30}\right)2\frac{3}{4} = 1,7443 \text{ Fuß}$$

Man muß einige Fragen zu beantworten.

Hieraus die Geschwindigkeit der Last $= \frac{b}{a}v = \frac{7,2}{18}1,744 = 0,696$

Ob sind dieselben Fragen bei folgenden [illegible] Stelle [illegible].

Nutzlast, Nebenlast, Kraft [illegible].

Zweckmäßig ist die Höhe der [illegible] wenn der Last, man müsste $= b = \frac{nk}{Q}a$, und wenn der

Gewicht der Maschine 2500 ℔, Schwungstangenlänge 12', Stärke des Zapfens 2'', Stärke des untern, halbkugelförmig abgerundeten gleich 1''.

Welche für den Schaufelrahmen den dieselbe Schwankung haben, wenn ein Wagen eingeschoben werden

$$b = \frac{4 \cdot 30}{300}\, 12 \text{ Fuß} = 4,8 \text{ Fuß}.$$

Die durch Verlabelung, Kammradentlastung u. s. w. hervorgebrachte Nebenlast von 200 ℔ giebt ungefähr eine Last von 80 ℔, die der durch den Zapfen entlang auszuüben noch zu addiren ist. Nehmen wir nun die Länge der Achse, der Welle $(= L) = 10$ Fuß, den Abstand des obern Zapfens vom Angriffspunkt der Last $= l = 2$ Fuß, den des untern Zapfens demnach $= l_1 =$ 8 Fuß, so wird die Friktion am obern Zapfen $= \varphi \frac{r l_1 + r_1 l}{L} Q$, für den untern, der halbkugelförmigen Gestalt desselben wegen, statt $\frac{2}{3}\varphi G r$ nur $\frac{\pi}{8}\varphi G r$ zu addiren seyn, folglich die gesammte Friktion an den Zapfen

$$= \frac{\varphi(r l_1 + r_1 l)(W+Q)}{a L} + \frac{\frac{\pi}{8}\varphi G r}{a}$$

$$= \frac{0,2(2''.8' + 1''.2')\,500}{10'.12'} + \frac{\frac{3,141}{8}\,0,2 . 2500}{12'}$$

$$= \frac{0,2 . 300\left(\frac{2}{12}.8 + \frac{1}{24}.2\right)}{10.12} + \frac{3,141 . 0,2 . 2500 . \frac{1}{24}}{8 . 12}$$

$$= \frac{5}{8} + 0,68 = \cancel{11,55\ ℔}.\ 1,305\ ℔$$

Beide vermehrt die Nebenlasten

$$= 80 + 1{,}305 = 81{,}305 \text{ ℔.}$$

Die Geschwindigkeit mittelst des Schwengels beträgt

$$v = \left(1 - \frac{W}{2nK}\right)c$$

$$= \left(1 - \frac{81{,}305}{2.4.30}\right)2\tfrac{3}{4} = 1{,}8183 \text{ F.}$$

Die Geschwindigkeit des Kolbens beträgt

$$w = \frac{b}{a}v = \frac{4{,}8}{12}\,1{,}8183$$

$$= 0{,}7273. \text{ Fuß.}$$

Die Schichtzahl nach der Formel

$$\frac{v}{c} = \frac{z}{t} \text{ wo } t = 8 \text{ Stunden}$$

$$z = \frac{vt}{c} = \frac{1{,}8183 . 8}{\frac{11}{4}} = 5{,}289$$

Die Leistung in der täglichen Schicht

$$Qwz = 300 . 0{,}7273 . 5{,}289 . 60 . 60$$

$$= 4155314{,}9 \text{ Fußpfund.}$$

Der Wirkungsgrad μ

$$= \frac{Qwz}{nKct} = \frac{300 . 0{,}7273 . 5{,}289}{4 . 30 . \frac{11}{4} . 8}$$

$$= 0{,}43$$

Beim Kunstschacht soll durch eine Stangenkunst in Wechselwirkung gesetzt werden, und folgende Verhältnisse und Dimensionen erhalten welche Neigung man ihr gegen den Horizont geben müsse.

Den Winkel den die Schacht unter den angegebenen Verhältnissen ~~dem~~ ~~Verhält~~-nissen mit dem Horizonte macht wird durch

Durchmesser des Rades = 25'
Gewicht der Maschine 6000 ℔
Reine Last 300 ℔
Nebenlast 100 ℔
Zapfenstärke = 2''

die Formel gegeben

$$\sin\alpha = \frac{AC + B\sqrt{A^2+B^2-C^2}}{A^2+B^2}$$

wo $A = P - \frac{\varphi r}{a}(P+G)$

$B = \frac{2}{3}\frac{\varphi r}{a}(P+G)$

$C = \frac{b}{a}(Q+W) + \frac{\varphi r}{a}(Q+W)$

ist, in welchen Gleichungen
P = dem Gewichte mit Schwebel = 850 ℔
φ = dem Reibungscoefficienten 0,2
a = dem halben Raddurchmesser $12\frac{1}{2}$ Fuß
G = dem Gewicht der Maschine = 6000 ℔
r der halben Zapfenstärke = 1''
W die Nebenlast = 100 ℔
Q die reine Last = 300 ℔
b dem zu berücksichtigenden Hebelarme der Last $= \frac{h}{Q}a = \frac{150}{300}\,12{,}5$
$= 6{,}25$ Fuß ist.

Setzt man nun in die Gleichungen für A, B, C die Werthe ein, so erhält man

$A = 850 - \frac{0{,}2\cdot 1}{150}(850+6000) = 840{,}866$

$B = \frac{2}{3}\cdot\frac{0{,}2}{150}(850+6000) = 6{,}088$

$C = \frac{6{,}25}{12{,}5}(300+100) + \frac{0{,}2}{12{,}5\cdot 12}(300+100)$

$= 200{,}533$

$$\sin\alpha = \frac{840{,}867 \times 200{,}533}{840{,}8667^2 + 6{,}088^2} + \frac{6{,}0888\sqrt{840{,}8667^2 + 6{,}0888^2 - 200{,}533^2}}{840{,}8667^2 + 6{,}088^2}$$

$= 0{,}245506$

den Winkel α selbst $= 14^\circ 12' 38''$

Die größte Leistung zu erhalten berechnet man sich durch Formel

$$v = \frac{c}{2}\left(3 - \sqrt{\frac{2W'}{nk}} - 1\right.$$

wo W' die gesammten auf den Kraftpunkt noch zu überwindenden Widerstände heißt, der besteht:

1) aus der gegebenen mit der Kraft zugleich gehenden Last $= \frac{b}{a} W$ ist

2) aus der Reibungsverhältniß der Zapfen $= \frac{2}{3}\varphi \frac{r}{a}(P+G)\cos\alpha$.

3) aus der Reibung an der Spitze des unteren Zapfens $= \frac{2}{3}\varphi\frac{r}{a}(P+G)\cos\alpha$

demnach

$$W' = \frac{b}{a}W + \varphi\frac{r}{a}\left((P+G)\sin\alpha + (Q+W)\right)$$

$$+ \frac{2}{3}\varphi\frac{r}{a}(P+G)\cos\alpha$$

$$= \frac{6{,}25}{12{,}5}100 + 0{,}2\cdot\frac{1}{150}\left((6850 \sin 14^\circ 12' 38'' + 400\right)$$

$$+ \frac{2}{3}\cdot 0{,}2\cdot\frac{1}{150}\left(6850 \cos 14^\circ 12' 38''\right)$$

$$= 58{,}68 ℔.$$

Für die Geschwindigkeit des Pferdes erhält man

$$\frac{11}{3\cdot 2}\left(3 - \sqrt{\frac{2\cdot 58{,}68}{130}} + 1\right)$$

$= 3{,}052$ Fuß wenn man seine mittlere Geschwindigkeit $\frac{11}{3}$ Fuß annimmt.

Die Geschwindigkeit der Last

$$v_1 = \frac{b}{a}v = \frac{6{,}25}{12{,}5}\,3{,}052$$

$$= 1{,}526 \text{ Fuß}.$$

Ist ferner der Schichtzeit $\frac{z}{2} = \frac{vt}{e}$

$$= \frac{3,052 \cdot 8}{\frac{11}{3}} = 6,64 \text{ Stunde}$$

folgt der Leistung in der täglichen Schicht.

$$Q \cdot \frac{z}{2} = 300 \cdot 1,526 \cdot 6,64 \cdot 60 \cdot 60$$

$$= 1098293,6 \text{ Fußpfund.}$$

Man will aus einem Graben von 20 Fuß Breite u. 3 Fuß Tiefe pro Sec. 20 Kubikfuß Wasser abführen und wenn derselbe selbst nur 50 führt und hat dabei noch den Abschluß des Wassers 2 Fuß höher aufzuhalten. Wie hoch wird man demnach zu diesem Zwecke ein 16 Fuß breites Wehr machen müssen

Die nothwendige Höhe des Wehres ergiebt sich aus folgender Formel

$$a = H+h - \left(\frac{\frac{3}{2}(M-m)}{\alpha b}\right)^{\frac{2}{3}} + \left(\frac{M}{\alpha B(H+h)}\right)^2$$

worin H die Tiefe des Grabens $= 3'$

B seine Breite $= 20'$

M seine Wassermenge pr. s. $= 50$ Cbf.

b Breite des Wehres $= 16'$

h die Stauhöhe $= 2'$

α eine Erfahrungs constante

$= 5,268$

m die Wassermenge die pro Sec. abgeführt werden soll $= 20$ Cbf.

$$a = 3+2 - \left(\frac{\frac{3}{2}(50-20)}{5,268 \cdot 16}\right)^{\frac{2}{3}} + \left(\frac{50}{5,268 \cdot 20(3+2)}\right)^2$$

$$= 5 - \left(\frac{45}{84.288}\right)^{\frac{2}{3}} + \left(\frac{50}{526,8}\right)^2$$

$$= 4,3509 \text{ Fuß.}$$

Derselbe Kanal soll 4000 Fuß Länge erhalten und 0,0005 Gefälle u. 50° Böschung erhalten; was wird man ihm übrigens für Dimensionen zu geben haben?

Nehmen wir zu förderst die abzuführende Wassermenge von 20 Cubikfuß m, seine Länge $= 4000$ Fuß l, das Gefälle auf der ganzen Länge

$$= 4000 \cdot 0,0005 = 3,5 \text{ Fuß} = h.$$

den Böschungswinkel = 50° = β;

so haben wir den Querschnitt des Kanals nach der kürzeren Formel

$$a = \left(\frac{n\, m^2\, l}{9655\, h}\right)^{\frac{2}{5}}$$

$$= \left(\frac{2,663 \cdot 20^2 \times 4000}{9655 \cdot 3,5}\right)^{\frac{2}{5}}$$

$= 8,6593$ Quadratfuß.

Genauer ergiebt den Querschnitt die Formel

$$\frac{9655\, h}{n \cdot l}\, a^{\frac{5}{2}} = m^2 + 0,2344\, m a + 0,0154\, a^2$$

indem man ~~4tes~~ und 5tes Glied für a den bereits gefundenen Werth substituirt wird. Wenn auch für m der Werth eingeführt

$$a^{\frac{5}{2}} = \left(\frac{20^2 + 0,2344 \cdot 20 \cdot 8,6593 + 0,0154 \cdot 8,6593^2}{\frac{64585}{34782}}\right)$$

$a = 9,008$ Quadratfuß

Hiernach die Tiefe des Kanals

$$c = \frac{2\sqrt{a}}{n} = \frac{2\sqrt{9,008}}{2,663} = 2,25$$

Die obere Breite B

$$= \frac{2c}{\sin \beta} = \frac{2 \cdot 2,25}{\sin 50^\circ} = 5,8874 \text{ Fuß.}$$

Die untere Breite b

$$= 2 \cdot c\, tg \tfrac{1}{2}\beta = 2 \cdot 2,25\, tg\, 25^\circ$$

$= 2,103$ Fuß.

Durchgesehen den 7ten Febr 1837.

G. W.

Es soll die Berechnung und Construirung eines oberschlächtigen Wasserrades gemacht werden, das p.m. 5 Umgänge, 40 Fuß Gefälle haben, und 200 Cubicfuß Wasser p.m. bewältigen soll.

Läßt man das Freihängen oben 3 Zoll und unten 9 Zoll betragen, so hat man den Durchmesser des Rades

$$D = 40 \text{ Fuß} - (3+9) \text{ Zoll} = 39 \text{ Fuß}$$

Die Schaufelanzahl

$$n = 2\tfrac{1}{4} D = \frac{351}{4} = 87\tfrac{3}{4} = 88.$$

Die Radweite

$$W = \frac{5M}{4Dbu}$$

wo M die Wassermenge p.m, u den Umdrehungen, D den Raddurchmesser, b den Kranzbreite, die wir $= 10''$ machen wollen.

$$W = \frac{5.200}{4.5.39.\frac{11}{12}} = \frac{60}{39} = 1\tfrac{3}{4} \text{ Fuß}.$$

Der Centriwinkel einer Zelle

$$\frac{360^\circ}{n} = \frac{360^\circ}{88} = 4^\circ 5' 27''$$

Bei Anwendung der Fairbairnschen Schaufelungsmethode ergibt sich der Neigungswinkel

$$\delta = \frac{6 D \sin\alpha}{8b - 3D \sin\alpha^2} =$$

$$\frac{6.39.\sin 4^\circ 5' 27''}{8.\frac{11}{12} - 3.39(\sin 4^\circ 5' 27'')^2} = \frac{15,9417}{5,0410} = 3,143$$

$$\log \delta = \log 3,1434 = 0,4974411$$

$$\delta = 72^\circ 21' 2''$$

Die Umfangsgeschwindigkeit des Rades

$$v = \frac{u \pi D}{60} = \frac{3,141.5.39}{60} = 10,3071$$

Der Geschwindigkeit im Gefälle:

$$c = \frac{u\pi\left(D^0 - \frac{4}{3}b\right)}{60} = \frac{3{,}141}{12}\left(39 - \frac{4}{3}\cdot\frac{10}{12}\right)$$

$$= 9{,}9166 \text{ Fuß.}$$

diese Geschwindigkeit wird man nun auch dem Wasser im Einfallspunkte geben müssen, weshalb wir auch hier = c setzen. Es frägt sich aber nun wie hoch werden wir das Wasser aufstauen müssen und den Schützen Stellung anordnen.

Die Theorie giebt die Stauhöhe

$$h_1 = \left(\frac{B - \sqrt{B^2 - AC}}{A}\right)^2 \text{ wo}$$

$$A = \frac{\alpha^2(\cos 2v + \cos 2\varepsilon)}{2}$$

$$B = \cancel{\alpha c} \cos v \cos \varepsilon$$

$$C = c^2 - 4gh_{,,} \sin v^2$$

In diesen Formeln sind α der Contractionscoefficient = 8,19 c die Geschwindigkeit des Wassers im Zollfuß; $h_{,,}$ die Höhe des Ausflußpunktes des Wassers über dem Einfallspunkte im Zollfuß, ε die Neigung des Wasserstrahles gegen den Horizont oder der innern Stoßschaufel an welchem Orte; v der Winkel den die Tangente des Contactpunktes mit dem Horizonte macht.

Für $h_{,,}$; ε; u. v hat man nun noch die Werthe zu suchen

Setzt man nun den Punkt in der 8ten Zolle ein, stellen sonach den Mittelläufern demnach als 2½ten Verschiebungswinkel angesehen kann mit dem Horizonte einen Winkel

$ABC = \varepsilon = 180° - (ABF + CBD)$

$CDB = 2\frac{1}{2}\alpha$

$= 2\frac{1}{2}(4°5'27'')$

$= 10°13'34\frac{1}{2}''$

$\varepsilon = 180° - (42°21'2'' + 90° - 10°13'34\frac{1}{2}'')$

$= 24°52'35\frac{1}{2}''$

Der Winkel $v = EBC = CDB = 2\frac{1}{2}\alpha$

$= 10°13'34\frac{1}{2}''$

$h_{''} = CG + (3-1)\,\text{Zoll} = 2 + \frac{2}{3}b + \frac{D'}{2}\operatorname{cosvers}\frac{5\alpha}{2}$

$= 2\cdot\frac{10}{12} + \frac{7}{3}\cdot\frac{10}{12} + \frac{34\frac{8}{9}}{2}(1 - \cos 10°13'34\frac{1}{2}'')$

$= \frac{13}{18} + 0,000421$

$= 1,022643$ Fuß.

$A = \frac{8.19^2(\cos 20°15' + \cos 55°44')}{2}$.

$= 50,3064849$

$B = 8.19 \cdot 9,916 \cos 10°13' \cos 24°52'$

$= 70,655$

$C = 9,916^2 - 4 \cdot 14,32 \cdot 10\,226 (\sin 10°13'34\frac{1}{2}'')$

$= 96,003$

$h_{,} = \left(\frac{70,655 - \sqrt{70,655^2 - 50,304 \cdot 96,003}}{50,306}\right)^2$

$= \left(\frac{70,655 - 12,4503}{50,306}\right)^2 = 1,3249$ Fuß.

Demnach folgt nun der Dicke des Wasserstrahls oder der Höhe der Schützöffnung

$$\delta = \frac{m}{w_{,}\alpha\sqrt{h_{,}}}$$

wo m den Aufschlagwassermenge p. s. $= \frac{100}{60}$ Cubicfuß w den Breite der Schützöffnung, die wir da das Rad $1\frac{3}{4}$ Fuß breit ist, zu $1\frac{1}{2}$ Fuß annehmen wollen.

$$\delta = \frac{\frac{100}{60}}{1\frac{1}{2} \cdot 8{,}19\sqrt{1{,}3249}} = 0{,}2357 \text{ Fuß}$$

$$= 2{,}8284 \text{ Zoll.}$$

Die Leistung oder das mechanische Moment des Rades ist

$$Pv = hm\gamma = \frac{D_{,}}{2}\left[\cos v + \sin\left(\frac{\delta+\delta_{,}-(\chi+\chi_{,})}{2}\right)\right]m\gamma$$

wo $D_{,}$ den Durchmesser des Radumschlagens $= 34\frac{8}{9}$ Fuß, γ das Gewicht eines Cubicfußes Wassers gleich 49 ℔, v den Winkel um den der Scheitelpunkt des Wassers im Schaufel vom Radscheitel absteht $= 2\frac{1}{4}\alpha = 10°13'34\frac{1}{2}''$, δ den Bogen den die Kante des Aufschlags des Radumfangs und der dem sogenannten Halbmesser bestimmt. $\delta_{,}$ den Bogen den das Ende des Radbogens im Ausgießung nach dem entsprechenden Halbmesser angiebt und dem Vertikaldurchmesser ausgeht; χ den Winkel um den den Ausgußwinkel des Wassers in der Zelle durch die Centrifugalkraft von der senkrechten abweicht, und den entstehenden Ende des Radumfangs dessen Ende entsteht; $\chi_{,}$ den Winkel, den welchen nach dem selben Grade der Neigung des Radzapfens ... festzustellen.

δ_1, χ u. χ_1 sind nun noch zu finden:

$$tg.\,\delta_1 = \frac{\alpha(\mathfrak{D}'-2b)\pi}{432 \cdot b}$$

wo α der Centriwinkel einer Zelle

$= \frac{360}{88}$ also $\frac{45}{11}$ ist.

$$tg.\,\delta_1 = \frac{\frac{45}{11}\left(39 - 2\frac{10}{12}\right)\pi}{432 \cdot \frac{10}{12}} = 1{,}432 \text{ ~~Zoll~~}$$

$$\delta_1 = 54^\circ 54' 9''$$

$$\sin \chi_1 = \frac{v^2}{g\mathfrak{D}_1} \cos \delta$$

$$= \frac{10{,}3077^2}{14{,}32 \cdot 34\frac{8}{9}} \cos 54^\circ 51' 10''$$

$$\log \sin \chi_1 = 0{,}9694664 - 2$$

$$\chi_1 = 5^\circ 20' 24''$$

$$\sin \chi = \frac{v^2}{g\mathfrak{D}_1} \cos \delta = \frac{10{,}3077^2}{14{,}32 \cdot 34\frac{8}{9}} \cos 72^\circ 21' \tfrac{1}{2}'$$

$$\log \sin \chi = 0{,}6910046 - 2$$

$$\chi = 2^\circ 48' 50''$$

$$Pv = \frac{34\frac{8}{9}}{2}\left(\cos 10^\circ 15' 3\tfrac{1}{2}'' + \sin 59^\circ 31' 29\right) 5\tfrac{1}{3} \cdot 49$$

$= 5412{,}06$ Fußpfund

Das ganze Gefälle vom Oberwasserspiegel an dem Schutz, bis zum tiefsten Punkte ist

$$H = \mathfrak{D}_1' + h_1 + h_{11} + \tfrac{2}{3} b$$

$$= 34\tfrac{8}{9} + 1{,}3249 + 1{,}0226 + 0{,}5555 \text{ Fuß}$$

$$= 40{,}7919 \text{ Fuß}$$

Daher der Wirkungsgrad

$$u = \frac{h m \gamma}{H m \gamma} = \frac{h}{H}$$

$$= \frac{\frac{34\frac{8}{9}}{2}\left(\cos 10^\circ 13' 34\tfrac{1}{2}'' + \sin 89^\circ 31' 29''\right)}{40,4919}$$

$$= \frac{34,9416}{41,0256} = 0,85218$$

Es ist hier ein Gefälle von 10 Füße ein Kunstrad einzurichten und zu berechnen das bei einer Höhe von 36 Füße und einem Aufschlagwasser von 500 Cubic Füße p. m. 6 Umgänge in einer Minute machen soll.

Läßt man bei der großen Geschwindigkeit mit der das Rad umgehen wird, und die gleich ist

$$c = \frac{u D \pi}{60} = \frac{6.36.\pi}{60} = 11,304 \text{ Füße}$$

das Wasser nur durch Druck wirken, wenn es frühzeitig geschieht, durch Druck u. Stoß zugleich, so müssen wir dem einfallenden Wasser die nämliche Geschwindigkeit geben. Um den Gefällverlust zu vermeiden und den Kranz so weit zu vermeiden, ist nach die Geschwindigkeit des über dem Schaufeln strömenden Wassers.

$$c_1 = \frac{B - \sqrt{B^2 - AC}}{A} \text{ wo}$$

$$A = \frac{1}{\alpha^2} - \frac{1}{4g}$$

$$B = \frac{c}{4g}$$

$$C = \frac{c^2}{2} + \frac{c^2}{4g} - H,$$

und α der Contractionscoefficient zu 0,125 angenommen ist. Durch Substituiren der zugehörigen Größen erhält man

$$A = \frac{1}{7,125^2} - \frac{1}{4g} = 0,005264$$

$$B = \frac{36}{4 \cdot 11,304} = 0,79655$$

$$C_1 = \frac{36}{2} + \frac{11,304^2}{4 \cdot 17,32} - 10 = 9,8454$$

$$c_1 = \frac{0,7965 - \sqrt{0,7965^2 - 0,005264 \cdot 9,8454}}{0,005264}$$

$$= \frac{0,03332}{0,005264} = 6,3230 \text{ Fuß.}$$

die Höhe des Wasserspiegels über dem Fachbaume oder die Radhöhe.

$$h_1 = \left(\frac{c_1}{\alpha}\right)^2 = \left(\frac{6,3230}{7,125}\right)^2 = 0,78499 \text{ Fuß}$$

die Höhe des parabolischen Bogens

$$\alpha = \frac{c^2 - c_1^2}{4g} = \frac{11,304^2 - 6,3230^2}{69,28}$$

$$= 1,124 \text{ Fuß}$$

die Höhe des kreisförmigen Bogens

$$h = \left(1 - \frac{c_1}{c}\right)\frac{D'}{2} = \left(1 - \frac{6,3230}{11,304}\right)18$$

$$= 7,935 \text{ Fuß}$$

die Länge des parabolischen Bogens

$$b = \sqrt{\frac{a c_1^2}{g}} = 6,323\sqrt{\frac{1,124}{17,32}}$$

$$= 1,43559 \text{ Fuß}$$

die Länge des kreisförmigen Bogens

$$b_1 = \frac{D'}{2}\sqrt{1 - \left(\frac{c_1}{c}\right)^2} = 18\sqrt{1 - \left(\frac{6,3230}{11,304}\right)^2}$$

$$= 12,17109 \text{ Fuß}$$

die Weite der Radschaufeln aus der allgemeinen Formel

$$w = \frac{5M}{4D'bu} = \frac{5 \cdot 500}{4 \cdot 36 \cdot \frac{10}{12} \cdot 6}$$

$$= 3\tfrac{8}{39} \text{ Fuß}$$

$= 3\frac{1}{4}$ Fuß, wenn b werden 10 Zoll.

Hieraus nun die Höhe der Schützöffnung

$$c = h_1 - \left(h_1\sqrt{h_1} - \frac{3m}{2\alpha w}\right)^{\frac{2}{3}}$$

$$= 0,78799 - \left(0,78799^{\frac{3}{2}} - \frac{3 \cdot \frac{500}{60}}{2 \cdot 4,125 \cdot 3\frac{1}{4}}\right)^{\frac{2}{3}}$$

$$= 0,78799 - 0,296178$$

$$= 0,49181 \text{ Fuß.}$$

Die Leistung des Kropfrades ist

$$Pv = \left(\frac{(m - av)(c - v)v}{2g} + (m - av)h\right)v$$

da aber dieses Rad nicht durch Stoß wirkt so fällt das erste Theil der Gleichung weg und es wird dann

$$Pv = (m - av)hv$$

wo a der Zwischenraum zwischen Kropf und Schaufel ist. Nimmt man diesen zu $\frac{3}{4}$ Zoll breite an so wird, wo da das Rad $3\frac{1}{4}$ Fuß breit ist

$$3\frac{1}{4} \cdot \frac{3}{48} = 0,2031 \text{ Quadratfuß}$$

und da $v = c$

$$Pv = \left(\frac{500}{60} - 0,2031 \cdot 11,304\right)4,935 \cdot 49$$

$$= 2347,4208 \text{ Fußpfund.}$$

Der Wirkungsgrad des oberschlägigen Rades

$$\mu = \frac{hmv}{Hmv} \text{ welches } = \frac{Pv}{Hmv} \text{ ist.}$$

geändert werden für den man erhält.

$$\frac{2344,4}{10.8,333.49} = \frac{2344,4}{4083,33\ldots} = 0,575^{\circ}$$

approximativ $= \frac{3}{5}$

Für einen unterschlächtigen Rad im horizontalen Gerinne ~~und~~ 25 Fuß Höhe wird durch 800 Cubicfuß Wasser p.m. in Umdrehung gesetzt welches wird die beste Anordnung d. größte Leistung sagen, wenn man das Wasser vor dem Schützbrette 4 Fuß hoch aufstauen kann?

Die Geschwindigkeit mit welcher man bei 4 Fuß Aufhöhe des Wassers unter das Radschaufeln lassen kann ist

$$c = \alpha\sqrt{h} = 7,125\sqrt{4} = 14,250$$

Will man die Entfernung der Schaufeln ungefähr einen Fuß machen so nimmt man am besten 80 Schaufeln an in welchem Falle die Entfernung der Schaufeln

$$e = \frac{25\pi}{80} = 0,985 \text{ Fuß}$$

betragen wird.

Die Breite des Gerinnes wird man daher da hier e eher gleich zu machen ist

$$b = 1 \text{ Fuß machen}$$

Läßt man 4 Radzellen unter Wasser stehen so werden ein Radbogen von $\frac{360}{80} \cdot 4$ Graden unter Wasser zu stehen kommen; für die Dicke des Wasserstrahles daher wenn obiger Winkel $= \alpha$ gesetzt wird,

$$b_{,} = \frac{D}{2} \cos vers \tfrac{1}{2}\alpha$$

$$b_1 = \frac{D}{2}\left(1 - \cos\tfrac{1}{2}\alpha\right)$$

$$= \frac{25}{2}\left(1 - \cos 15^\circ 45'\right)$$

$$= 0,4693 \text{ Fuß.}$$

Hieraus bestimmt sich die Weite des Rades, da $m = cwb$ so muß seine Weite

$$w = \frac{m}{cb} \text{ seyn}$$

Nun beträgt laut p. 5 die kommenden Aufschlagwasser $= \frac{800}{60}$ Cubikfuß daher

$$w = \frac{13\frac{1}{3}}{14,25 \cdot 0,4693} = 1,9846$$

$$= 2,00 \text{ Fuß.}$$

Beachtet man den Rückstau in den Schaufeln und sucht man die vortheilhafteste Geschwindigkeit so erhält man für

$$v = \frac{c}{2}\left(1 + \frac{5 b_1 g}{c^2}\right)$$

$$= 7,125\left(1 + \frac{5 \cdot 0,4693 \cdot 17,32}{14,25^2}\right)$$

$$= 7,125\left(1 + 0,100142\right)$$

$$= 8,551011 \text{ Fuß.}$$

Bei dieser Geschwindigkeit macht das Rad

$$\frac{8,5510 \cdot 60}{25 \cdot \pi} = 6,533 \text{ Umdrehungen p.m.}$$

Das mechanische Moment des Rades

$$Pv = \left(v - \frac{(c+v)b_1 g}{cv}\right)\left(1 - \frac{c^2}{2(c-v)^2 n^2}\right)\frac{c-v}{2g} m\gamma$$

$$= \left(8,5510 - \frac{(14,250+8,551)\,0,4693 \cdot 17,32}{8,5510 \cdot 14,250}\right)$$

$$\cdot \left(1 - \frac{14,25^2}{3(14,250-8,551)^2\,80^2}\right)\left(\frac{14,250-8,551}{2 \cdot 17,32}\right)$$

$$\cdot \left(13\tfrac{1}{3} \cdot 49\right)$$

$$= (8,551 - 1,5208)(1 - 0,0003150)(107,486)$$

$= 755,405$ Fußpfund.

Der Wirkungsgrad

$$e = \frac{Pv}{hmp} = \frac{755,405}{4 \cdot 13\tfrac{1}{3}\, 49} = \frac{2266,215}{7840}$$

$$= 0,2889$$

Ein Radschaufelrad soll bei dem vorigen Gefälle u. Wasserquantum 100 Umdrehungen p.m. machen, wie viel Schaufeln muß es erhalten u. welchen größten Nutzeffect geben?

Die Geschwindigkeit des einströmenden Wassers am Fuße des Rades geben kann, wir dann erhalten

$$c = \alpha\sqrt{h} = 7,125\sqrt{4} = 14,250 \text{ Fuß}$$

Der Winkel α den der Strahl mit der Tangente der Richtung daher, wenn der Anfangsgeschwindigkeit des Schaufelrads nach wird wenn δ der Abweichung des Schaufelrades von der Tangente der Richtung am äußeren Umfange $= 15^\circ$ u. e die Höhe der Schützöffnung $= 1/4$ Fuß ist

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

$$= \frac{30\cdot\frac{1}{4}\cdot 14{,}250^\circ}{100\cdot 13\frac{1}{3}} - \frac{1}{2}\,tg\,15^\circ$$

$$= 1{,}142221 - 0{,}133947$$

$$= 1{,}0008247$$

$$\alpha = 44^\circ 45' 55''$$

Der innere Radhalbmesser

$$r = \frac{m}{2\pi e c \sin\alpha} = \frac{13\frac{1}{3}}{2\cdot\pi\cdot\frac{1}{4}\cdot 14{,}25\cdot \sin 44^\circ 45' 55''}$$

$$= 0{,}845717$$

Die Geschwindigkeit des innern Radumfanges

$$v = \frac{\pi u r}{30} = \frac{3{,}141\cdot 100\cdot 0{,}845717}{30}$$

$$= 8{,}8546 \text{ Fuß}$$

Der Radius des äußern

$$R = r\sqrt{\frac{c\sin\alpha}{v\,tg\,\delta}} = 0{,}8457\sqrt{\frac{14{,}25\cdot \sin 44^\circ 45' 55''}{8{,}8546\,tg\,15^\circ}}$$

$$= 1{,}8527 \text{ Fuß}$$

Die Geschwindigkeit des äußern

$$v_1 = \frac{Rv}{r} = \frac{1{,}8527\cdot 8{,}8546}{0{,}845717}$$

$$= 19{,}3980 \text{ Fuß}$$

Die Kranzbreite

$$b = R - r = 1{,}8527 - 0{,}845717$$

$$= 1{,}0070 \text{ Fuß}$$

Die Leistung

$$Pv = \left(\frac{c^2 - (v\,tg\,15^\circ)^2}{4g}\right) m\gamma$$

$$= \left(\frac{14{,}25^2 - (19{,}398\,tg\,15^\circ)^2}{4\cdot 17{,}32}\right) 13\frac{1}{3}\cdot 49$$

$$= 1650{,}7 \text{ Fußpfund.}$$

Eine einfachwirkende einfache Wassersäulenmaschine soll eine Leistung von 20 Pferdekräften hervorbringen und dazu 500 Fuß Gefälle benutzen. Wenn man ihr nun p.m. 4 Spiele machen läßt, wie wird man ihre übrigen Anordnungen zu machen haben und welches ist ihr Wirkungsgrad? Wie will man übrigens die Steuerung einrichten?

Der Wirkungsgrad

$$\mu = \frac{Pv}{hm\gamma} = \frac{1660,7}{4 \cdot \frac{40}{3} \cdot 49}$$

$$= \frac{49821}{7840} = 0,63547$$

Nehmen wir nun die Maschinenstube im Liegenden eines fast seigeren Schachtes und der Länge des Röhrenstrang dem Gefälle gleich; die Maschinenstube über dem Stollen und gießen sogleich auf ihn aus.

Die Leistung von 20 Pferdekräften entspricht einer Leistung von 20.550 = 11000 Fußpfund p. sec.

Das Kraftmoment beim Aufgange des Kolbens ist

$$Pv = \left\{ h - \left[0,000388 \left(\frac{l_{,}}{d_{,} a_{,}^2} + \frac{l_{,,}}{d_{,,} a_{,,}^2} \right) m^2 + \left(\frac{l_{,}}{a_{,}} + \frac{l_{,,,}}{a_{,,,}} \right) \frac{m}{gt} + \frac{\mu h}{D} \right] \right\} m\gamma$$

diesem Kraftmoment ist jedoch nun noch ein verlorengehendes Kraftmoment zu addieren, welches für den Niedergang des Kolbens ist und

$$P'v = \left(h + 0,000388 \frac{l}{da^2} + \frac{l}{a} \frac{m}{gt} + \frac{\mu h}{D} \right) m\gamma$$

ist

Da die Wassersäulenmaschine nur während der Hälfte der Zeit in der Hubgehen im Gange ist, da während des Niederganges keine Kraft ausgeübt wird, so muss man sie doppelt so groß als es erforderlich ist also statt 11000 22000 Pfund annehmen.

Die Druckhöhe ist $= h = 500$ Fuß
der Reibungscoefficient des Wassers in den Röhren $= 0,05$
da die Maschine nahe an einem freien Schachte steht und die Röhren ~~in~~ in diesem hereingeführt sind so ist deren Länge $l_{I} = h = 500$ Fuß.

Ihr Durchmesser sey $\frac{3}{4}$ Fuß $= d_{I}$, die Länge der Verbindungsröhren $= 32$ Fuß
d_{II} deren Durchmesser $10''$
l_{III} die Länge der Verbindungsröhre bis zum Niedergehen $= 30'$
d_{III} deren mittlerer Durchmesser $= d_{II} = 10''$

die den Durchmessern der Röhren entsprechenden Querschnitte werden

$$a_{I} = \frac{0,75^2 \pi}{4} = 0,4418 \text{ Quadratfuß}$$

$$a_{II} = a_{III} = \frac{\left(\frac{5'}{6}\right)^2 \pi}{4} = 0,5454 \text{ Quadratfuß}.$$

H ist die Höhe in welcher die Aufgußröhren über den ~~Stollen oder~~ Mittelpunkte des Kolbens ausgießen es sey 0

l die Länge des Aufgußrohres = 4 Fuß

d dessen Durchmesser = $d_{,,}$

daher $a = a_{,,}$

t die Zeit des Aufganges = $\frac{15}{2}$ Sec.

m ist die Wassermenge p. S.

D' der Durchmesser des Treibecylinders und

$D' = \sqrt{\frac{4mt}{7\pi}}$ oder $m = \frac{D'^2 7\pi}{4t}$

Zur Berechnung des Zylinders ändern wir nun die Formel zu erst in folgende um.

$$P_v = \left\{(h-H)\frac{7\pi}{4t}D'^2 - 0{,}000388\left(\frac{l_,}{d_,a_,^2} + \frac{l_{,,}}{d_{,,}a_{,,}^2} + \frac{l}{da^2}\right)\left(\frac{7\pi}{4t}\right)^3 D'^6 - \left(\frac{l_,}{a_,} + \frac{l_{,,,}}{a_{,,,}} + \frac{l}{a}\right)\frac{1}{gt}\left(\frac{7\pi}{4t}\right)^2 D'^4 - 2\mu h\frac{7\pi}{4t}D'\right\}\gamma$$

Durch Einführung der Zahlenwerthe geht die Formel über in:

$$\frac{2.11000}{49} = 500\frac{7\pi}{4\frac{15}{2}}D'^2 - 0{,}000388\left(\frac{500}{3/4 \cdot 0{,}4418^2} + \frac{4+32}{5/6 \cdot 0{,}5454^2}\right)\left(\frac{7\pi}{4.\frac{15}{2}}\right)^3 D'^6 - \frac{1}{17{,}32.\frac{15}{2}}\left(\frac{500}{0{,}4418} + \frac{4+30}{0{,}5454}\right)\left(\frac{7\pi}{4\frac{15}{2}}\right)^2 D'^4 - 2.0{,}05\frac{500\,7\pi}{4.\frac{15}{2}}D'$$

$$448{,}98 = 366{,}5\,D'^2 - 0{,}000388(3415{,}475 + 145{,}115)\,0{,}393671\,D'^6 - \frac{1132{,}186 + 62{,}339}{129{,}90}\,0{,}537142\,D'^4 - 50.0{,}7329\,D'$$

$$448{,}98 = 366{,}5\,D'^2 - \left(0{,}543876\,D'^6 + 49{,}403\,D'^4 + 36{,}645\,D'\right)$$

Aus dieser Gleichung des 6ten Grades findet man durch Versuchsrechnung den Durchmesser des Treibekolbens

$D' = 1{,}345$ Fuß.

Richtet man die Anordnung so ein daß zwei gleich große, ein oberer und ein unterer Steuerzylinder sich das Gleichgewicht halten; ihr Niedergang durch einen Schwunde Kolben erzeugt wird, auf welchen das Wasser von oben her drückt, und dessen Zugstange auch die des Schwunde Kolben ist, die Stange über dem Schwunde Kolben durch eine Stopfbüchse geht. Der Aufgang der Kolben wird erzeugt indem ein Gegengewicht den Kolben aufzieht sobald sich der Hahn welcher das Wasser auf dem Schwunde Kolben läßt geschlossen hat u. demselben Abzug verschafft. Das Aufsetzen wird durch die Auslösungsvorrichtung nach dem Abflusse vermindert.

Die dabei anzunehmenden Verhältnisgrößen mögen dabei etwa nachfolgende seyn

Der Durchmesser des Steuerzylinders sey $D_1 = 10''$

der Durchmesser des Schwunde Kolbens $= \delta$, und die zu findende Größe

ihr Hub $s = 10''$

der Durchmesser der Kolben Stange $= \frac{3}{4}$ Zoll $= \frac{1}{18}$ Fuß

das Gewicht der Kolben $P = 3/4$ Zentner $= 45$ ℔

der Reibungscoefficient $\mu = \frac{1}{3}$

Dicke des Steuerkolbens $x = \frac{s}{2} = 5''$

Schwunde Kolbens $y = 3''$

Höhe der Steigbüchse = 4 Zoll = z

Der Reibung beider Ventilkolben wird alsdann

$$2\mu h x \delta_{II}$$

der des Stiefelkolbens

$$\mu h y \delta_{I}$$

der der Hubstangen in den Steigbüchsen

$$\mu h z \delta_{II}$$

Die Wassermenge der welche ist dem Stiefelkolben um s wieder zu drücken

$$\frac{s\pi}{4}(\delta_{I}^2 - \delta_{II}^2) \text{ Cubicfuß}$$

deren Gewicht

$$\frac{s\pi}{4}(\delta_{I}^2 - \delta_{II}^2)\gamma$$

das Gewicht des Gegengewichts

$$P + \mu h(2x\delta_{II} + y\delta_{I} + z\delta_{II}) + \frac{s\pi}{4}(\delta_{I}^2 - \delta_{II}^2)\gamma$$

Kraft mit der der Kolben wieder zurückgedrückt werden muß um das Gewicht zu heben

$$2\mu h(2x\delta_{II} + y\delta_{I} + z\delta_{II}) + (\delta_{I}^2 - \delta_{II}^2)\gamma\frac{s\pi}{4}$$

Kraft mit der die Wasser den Kolben wieder drückt

$$\frac{h\pi\gamma}{4}(\delta_{I}^2 - \delta_{II}^2)$$

daher

$$2\mu h(2x\delta_{II} + y\delta_{I} + z\delta_{II}) + (\delta_{I}^2 - \delta_{II}^2)\frac{s\pi}{4}\gamma = \frac{h\pi\gamma}{4}(\delta_{I}^2 - \delta_{II}^2)$$

Hieraus ist nun δ_{I} zu bestimmen man erhält durch Umschreibung die quadratische Gleichung

$$0 = (h-s)\frac{\pi}{4}\gamma\,\delta_{I}^2 - 2\mu h y\delta_{I} - 2\mu h(2x\delta_{II} + z\delta_{II}) + (h-s)\frac{\pi\gamma}{4}\delta_{II}^2$$

$$0 = \left(500 - \frac{10}{12}\right)\frac{\pi}{4}\,49\,\delta_1^2 - 2\cdot\frac{14}{3}\cdot 500\cdot\frac{3}{12}\,\delta_1$$

$$- 2\cdot\frac{14}{3}\,500\left(2\frac{5}{12}\cdot\frac{10}{12} + 4\cdot\frac{3}{48}\right) + \left(500 - \frac{10}{12}\right)\frac{\pi}{4}\,49\left(\frac{3}{48}\right)^2$$

$$= 19240,27\,\delta_1^2 - 3541,666\,\delta_1 - 5866,2350$$

$$\delta_1 = \frac{0,18407}{2} \pm \sqrt{\frac{0,18407}{4} + 0,2789}$$

$$= 0,628 \text{ Zoll} = 7,536$$

Der Volumverbrauch der Steuerung ist demnach

$$p.m = 4.7.\frac{\pi(\delta_1^2 - \delta_{11}^2)}{4} = \frac{10}{12}\pi\left(0,394^2 - 0,00\ldots\right)$$

$$= 0,4084 \text{ Cubikfuß}$$

$$p.s = 0,0128 \text{ Cubikfuß}$$

Der Verbrauch des Treibkolbens

$$p.m = 4.4\,\pi\,\frac{1,345^2}{4} = 38,453 \text{ Cubikfuß}$$

$$p.s = 0,6459 \text{ Cubikfuß}$$

Der Verbrauch der Maschine

$$p.s = 0,6459 + 0,0128 = 0,6587 \text{ Cubikfuß}$$

Ihr Wirkungsgrad

$$\frac{11000}{M\,h\,p} = \frac{11000}{49.500.0,6587} = \frac{22}{32,246}$$

$$= 0,6810$$

Das Gewicht des Gegengewichtes

$$G + \mu h\left(2x\delta_{11} + y\delta_1 + z\delta_{11}\right) + \frac{s\pi}{4}\left(\delta_1^2 - \delta_{11}^2\right)\gamma$$

$$75 + \frac{14}{3}\,500\left(2\cdot\frac{5}{12}\cdot\frac{10}{12} + \frac{3}{12}\cdot 0,625 + \frac{4}{3}\right) + \frac{31,41.44}{48}\left(0,628^2 - \left(\frac{1}{12}\right)\ldots\right)$$

$$= 2538,1 \text{ ℔}.$$

Freiberg den 25t. April 37.

Man soll ein Windrad construiren und zu berechnen, das bei einer Flügellänge von 26 Fuß einer Breite von 12 Fuß und einer Ruthenlänge von 32 Fuß p.m. 20 Umdrehungen machen u. Wind von 18 Fuß Geschwindigkeit benutzen soll.

Nennen wir die Zahl der Umdrehungen $(=20)$ u, die Ruthenlänge von 32 Fuß $= l$, w die Geschwindigkeit des Flügelendes $= \frac{\pi u l}{30}$. G das Gewicht des Rades 5000 ℔, r den Halbmesser des Zapfens $= \frac{1}{3}$ Fuß, r' der des Zapfens $= \frac{1}{6}$, φ den Reibungscoefficienten der Zapfenlagen $= \frac{1}{10}$, $\mu = \frac{5}{3}$, δ die Neigung der Flügelwelle gegen den Horizont $= 5^\circ$, n die Flügelanzahl 5, c die Geschwindigkeit des Windes $= 18$ Fuß, γ das Gewicht eines Cubicfußes Luft $= 0,0608$, den äußeren Breite $B = 12$ Fuß, die Breite des Flügels zunächst der Welle $b = \frac{2.6.6}{32} = 2\frac{1}{4}$ Fuß. Demnach wird das Kraftmoment

$$Pv = \frac{\mu n c^4 l}{81 g}\gamma\left[b\left(\frac{3}{c} - \frac{\sqrt{3}}{w}\right) + \frac{(B-b)c}{6}\left(\frac{9}{c^2} - \frac{\sqrt{6}}{w^2}\right)\right] - \frac{\varphi r G \cos\delta}{l} w -$$

$$\frac{2}{3}\varphi r'\left[\frac{\mu c^3 \gamma}{9 g}\left(b\left(\frac{w}{c} - \sqrt{\frac{3}{4}}\right) + \frac{B-b}{6} c\left(\frac{3w^2}{c^2} - \sqrt{\frac{2}{3}}\right)\right) + \frac{G \sin\delta\, w}{l}\right] =$$

$$\frac{5.5.18^4.32.0,0608}{3.81.17,32}\left[2,25\left(\frac{3}{18} - \frac{\sqrt{3}}{67,018}\right) + \frac{(12 - 2\frac{1}{4})18}{6}\left(\frac{9}{18^2} - \frac{\sqrt{6}}{67,018^2}\right)\right] - \frac{5000.\cos 5^\circ}{3.10.32} 67,018$$

$$-\frac{2}{3.10.6}\left[\frac{5.18^3\,0{,}0608}{3.9.17{,}32}\left(2\tfrac{1}{4}\left(\frac{64{,}018}{18}-\sqrt{\tfrac{3}{4}}\right)\right.\right.$$

$$\left.\left.+\frac{(12-2{,}25)\,18}{6}\left(\frac{3.64{,}018^2}{18^2}-\sqrt{\tfrac{2}{3}}\right)\right)+\right]$$

$$\frac{5000\sin 5^0\,64{,}018}{82},$$

$$=1213{,}191\,(0{,}3500+0{,}7965)$$

$$-344{,}424-\frac{1}{90}\,(3{,}4912\,.\,1200{,}1007$$

$$+912{,}654)$$

$$=1269{,}605-344{,}424-60{,}695$$

$$=861{,}186 \text{ Fußpfund}$$

Um die vortheilhafteste Lage der Flügel zu bestimmen, wollen wir die von 7 Kreuzstangen eines Flügels bestimmen, und zwar mit der innersten mit 6 Fuß Entfernung von dem Wellenanfange und mit der äußersten mit 32 Fuß Entfernung aufhören. Die 5 übrigen Kreuzstangen mögen in gleichen Zwischenräumen mitten innen liegen.

Demnach wird die Entfernung von der Welle für

die 1sten Kreuzstangen	6 Fuß	
" 2ten	$10\frac{1}{3}$ "	
" 3ten	$14\frac{2}{3}$ "	
" 4ten	19 "	
" 5ten	$23\frac{1}{3}$ "	
" 6ten	$27\frac{2}{3}$ "	
" 7ten	32 "	betragen

Die Geschwindigkeit der genannten Lagerstellen wird demnach sogleich nach der allgemeinen Formel $w = \frac{\pi u l}{30}$

für die 1ste $= w_1 = \frac{\pi . 20 . 6}{30} = 12,566$

— 2te $= w_2 = \frac{\pi . 31 . 20}{3 . 30} = 21,642$

— 3te $= w_3 = \frac{\pi . 44 . 20}{3 . 30} = 30,495$

— 4te $= w_4 = \frac{\pi . 19 . 20}{30} = 39,793$

— 5te $= w_5 = \frac{\pi . 70 . 20}{3 . 30} = 48,869$

— 6te $= w_6 = \frac{\pi . 83\frac{1}{3} . 20}{3 . 30} = 58,166$

— 7te $= w_7 = \frac{\pi . 32 . 20}{30}$ $67,053$

Hiernach ergeben sich die Tangenten der Neigungswinkel nach Formel $tg\,\alpha = \frac{3v}{c} + \sqrt{2 + \left(\frac{3.v}{2c}\right)^2}$ und demnach

$$tg\,\alpha_1 = \frac{3 . 12,566}{2 . 18} + \sqrt{2 + \left(\frac{3 . 12,566}{2 . 18}\right)^2}$$

$$= 2,8064$$

$$tg\,\alpha_2 = \frac{3 . 21,642}{2 . 18} + \sqrt{2 + \left(\frac{3 . 21,642}{2 . 18}\right)^2}$$

$$= 4,09535$$

$$tg\,\alpha_3 = \frac{3 . 30,495}{2 . 18} + \sqrt{2 + \left(\frac{3 . 30,495}{2 . 18}\right)^2}$$

$$= 5,449$$

$$tg\,\alpha_4 = \frac{3 . 39,493}{2 . 18} + \sqrt{2 + \left(\frac{3 . 39,493}{2 . 18}\right)^2}$$

$$= 6,921$$

$$tg\,\alpha_5 = \frac{3 . 48,869}{2 . 18} + \sqrt{2 + \left(\frac{3 . 48,869}{2 . 18}\right)^2}$$

$$= 8,383$$

$$tg\,\alpha_6 = \frac{3 . 58,164}{2 . 18} + \sqrt{2 + \left(\frac{3 . 58,164}{2 . 18}\right)^2}$$

$$= 9,890$$

$$tg\,\alpha_7 = \frac{3 . 64,054}{2 . 18} + \sqrt{2 + \left(\frac{3 . 64,054}{2 . 18}\right)^2}$$

$$= 10,775$$

Hieraus ergeben sich die Winkel

$\alpha_1 = 70^\circ 23' 16''$

$\alpha_2 = 76^\circ 16' 40''$

$\alpha_3 = 79^\circ 36' 7''$

$\alpha_4 = 81^\circ 46' 43''$

$\alpha_5 = 83^\circ 11' 52''$

$\alpha_6 = 84^\circ 13' 36''$

$\alpha_7 = 84^\circ 40' 23''$

Eine doppeltwirkende Dampfmaschine mit Hochdruck von 6 Atmosphären soll eine Leistung von 20 Pferdekräften geben, u. p. m. 3 zweifüßige Spiele machen. Welchen Kolbenfläche u. Höhe, damit man denselben in den Gebrauch nehmen, welche Bewegung wird man an ihr zu treffen haben, und wie stromende Veränderung zu richten?

Nach der Aufgabe soll $N = 20$ Pferdekräften $= 11000$ Pfund p. Secunde, demnach auf jeden Aufgang und jeden Niedergang, der jede 10 Secunden dauern wird 110000 Fußpfund.

Nimmt man die Nebenlast, die bei einer Dampfmaschine 0,3 bis 0,5 betragen kann bei Anwendung der Expansion dennoch den Dämpfen zu stellen auf 3 als 0,4 an so erhält man nach Formel

$\frac{B}{b} = \frac{P}{W}$ die Höhe auf der der Kolben von den Dämpfen vor Abschluß der Ventile vorwärts zu schieben muß

$b = \frac{2}{5}\,5$ Fuß $= 2$ Fuß und dann erhält man $\frac{B}{b} = \frac{P}{W} = \frac{20}{20 \cdot 0{,}4} =$

als das größte auf welches man die Expansion treiben kann.

Der Druck auf den Kolben wird von der Expansion

$P = Aep = 6 \cdot 12{,}3180\, A.$

Kleinere Last

$$Q = \frac{b}{B} \log. nat. \left(\frac{B}{b}\right) P$$

$$= 0{,}4\, A \cdot 6 \cdot 12{,}318 = 29{,}523\, A.$$

Das kleinere Lastmoment während eines Spieles =

$$QB = 29{,}5233\, A \cdot 5 = 147{,}6160\, A.$$

Nun ist aber $QB = 110\,000$ Fußpfd folglich der Kolbenquerschnitt:

$$A = \frac{110\,000}{147{,}6160} = 745{,}1466 \text{ Quad.zoll.}$$

und der Kolbendurchmesser

$$D = 2\sqrt{\frac{A}{\pi}} = 2\sqrt{\frac{745{,}1466}{3{,}141}} =$$

$$= 30{,}8024 \text{ Zoll}$$

Die Temperatur des Dampfes ergiebt sich nach der Formel

$$e = \left(\frac{1 + 0{,}01878t}{2{,}878}\right)^{5{,}355}$$ (wo e die Spannung in Atmosphären) als

$$t = \frac{2{,}878 \cdot e^{\frac{1}{5{,}355}} - 1}{0{,}01878}$$

$$= \frac{2{,}878 \cdot 6^{\frac{1}{5{,}355}} - 1}{0{,}01878} = \frac{3{,}02162}{0{,}01878}$$

$$= 166{,}8^{0}$$

Das Dampfquantum p.m

$$m = Abn = \frac{745{,}147 \cdot 2 \cdot 6}{144}$$

$$= 62{,}098 \text{ Cubicfuß}$$

Das [illegible] pro minut.

$$m_1 = \frac{0,00081225\, c\, m}{1+0,00375\, t}$$

$$= \frac{0,00081225 \,.\, 6 \,.\, 62,098}{1+0,00375 \,.\, 166,8} = 0,2338 \text{ Cubf.}$$

und dessen Gewicht

$q = 11,4584$ ℔ das Gewicht eines Cubicfußes Wasser zu 49 ℔ angenommen.

Das Injectionswasserquantum wird wenn die Temperatur des Wassers 8° ist, die im Condensator dagegen 50° betragen soll

$$W = \left(\frac{635-50}{50-8}\right) 11,4587$$

$= 149,7534$ ℔ d.i. 3 Cubicfuß pro Minute. Da dieses Wasser zu entnehmen aber nur in wenigen Stollen wenn man eine Dampfmaschine mit 6 Atmosphären Druck bauen will, ohne bedeutende Schwierigkeiten zu erlangen sein wird, so wird man vielleicht besser thun den Dampf nicht erst zu condensiren sondern ins Freie gehen zu lassen, zumal da die Maschine alsdann sehr an Einfachheit gewinnt, indem z.B. der Warmwasserzugang wegfällt. Alsdann wird man aber in den Formeln für

t, m, m_1, q und den folgenden für K, $c = 4$ Atmosphären setzen nehmen müssen; und den Dämpfen einen 4 Atmosphären entsprechenden Temperaturüber geben, der die Luft mit einer Atmosphären Spannung dem Kolben entgegen wirkt.

Der Holzaufwand der Maschine wird, wenn der Temperatur der Luft 10° die der abziehenden im Schornstein 200° beträgt ferner l das Gewicht der zur Verbrennung ~~nach~~ von 1 ℔ Holz nöthigen Luftmenge = 9 ℔, u. W d.i. der Wärmegehalt von 1 ℔ Holz = 2500° ist,

$$K = \frac{(635 - t_1)\, q}{\left(1 - \frac{(t_2 - t_1)\, l}{4W}\right) W} = \frac{(635-10)\; 11{,}4584}{\left(1 - \frac{(200-10)\,9}{4 \cdot 2500}\right) 2500}$$

$$= \frac{625 \cdot 11{,}4584}{0{,}829 \cdot 2500} = 3{,}504 \text{ ℔ p.m.}$$

Die innere Anordnung wird am besten Schiebersteuerung mit 4 Ventilzügen, so wie sie nebenstehende Figur zeigt.

Die äußere Anordnung kann, da ein Schwungrad der ungleichen Spannung des Kolbens wegen ohnehin nothwendig ist, leicht durch einen excentrischen Rad bewirkt werden.