Eingegeben den 27sten Juny 1831.
D. Fr. [illegible]

No: 132.

No: 2.

Berechnung

des Wassergöpels von Alte Mordgrube Fdgr:

angestellt

von

Im Quartal Trinitatis 1831. Heinrich Schmiedhuber.

Kurze Angabe der Beschaffenheit des Goepels und der zur Berechnung noethigen Groessen.

Der Alte Mordgrübner Treibeschacht ist von Tage nieder seiger im Gneusgestein, dann auf dem Leander Stehenden Gange abgesunken, welcher h. 1,4 streicht und da, wo sich der Richtschacht auf denselben aufsetzt, unter 58°, bei mehrerer Teufe unter 45° in Abend fällt weshalb auch der Schacht auf dem Gange selbst noch zweimal gebrochen ist; die größte Förderteufe ist zur Zeit die der halb sechsten Gezeugstrecke. Die Radstube befindet sich im Liegenden des Ganges und zwar das Wellmittel der Wasserradwelle 8 Lachter unter Tage, die Korbwelle hingegen über Tage; beide Wellen haben doppelt gekrümmte Krummzapfen, woran sich 4 Kunststangen befinden, durch welche diese Wellen mit einander in Verbindung stehen. Die Aufschlagewasser sind von Treue und Gottesgabe Stolln hergeleitet und gehen nach ihrer Benutzung auf Beschert Glück Stolln; das Aufschlaggerinne ist mit einer Spannschütze

versehen.
Der Korb besteht aus 4 Kränzen von starken Schienen, welche auf der Welle aufgetragen sind und die zwei Seilkörbe bilden, und die eine Korbhälfte läßt sich um die Welle bewegen, wenn man einen eisernen Hebel, welcher dieselbe gewöhnlich mit der Korbwelle verbindet, an seinem Angriffspuncte niederdrückt, so daß dieselbe außer Verbindung mit der Welle gesetzt und durch eine Bremse arretirt werden kann, während sich die Korbwelle mit der andern Korbhälfte umdreht und dazu dient, die bei einer Veränderung der Fördersohle jedesmal eintretende Änderung der Seillänge leicht hervorzubringen. Die Tonnen fassen 10 Kübel und sind am Boden mit einer Stelzen versehen, mit welchen sie auf den hölzernen Latten der Streichbäume gehen; an der Seite haben sie Fangnägel, mit denen sie zwischen zwei Streichbäumen gehen, um nicht von der Leitung abzukommen; im oberen Theil Schachts, welcher saigerecht ist, sind nur [illegible] die Streichbäume angebracht.
Die zur Drehung des Göpels nöthigen

Gegeben sind folgende:

Die Seilstärke = δ = 2,5 Zoll = 0,2085 Fuß.

Die flache Teufe vom Kürzhaken bis Bruch = $16^{0},15$ = 113,05 Fuß; die Tonnlage $\alpha = 90^{\circ}$.

Das Gewicht des Seiles auf diese flache Teufe = $S = 0,41 . \delta^{2} . F$ (wo δ in Zollen gegeben ist)

$= 0,41 . 2,5^{2} . 113,05 . 2,5^{2} = 289,68$ ℔.

Die flache Teufe vom ersten Bruch bis zum zweiten Bruch = $F' = 34^{0},19 = 239,33$ Fuß und die dazu gehörige Tonnlage = $\alpha' = 58^{\circ}$.

Das Gewicht des Seils von der Länge $F' = S'$ $= 0,41 . \delta^{2} . F' = 0,41 . 2,5^{2} . 239,33 = 613,31$ ℔.

Die flache Teufe vom zweiten Bruch bis zum dritten Bruch $F'' = 22^{0},44 = 157,08$ Fuß und die hierzu gehörige Tonnlage = $\alpha'' = 52^{\circ}$.

Das Gewicht des Seils von der Länge $F'' = S''$ $= 0,41 . \delta^{2} . S = 0,41 . 2,5^{2} . 157,08 = 402,14$ ℔.

Die flache Teufe vom dritten Bruch bis zum Tiefsten = $112^{0},22$ = 785,54 Fuß, und die dazu gehörige Tonnlage = $\alpha''' = 45^{\circ}$.

Das Gewicht des Seiles von der Länge $F''' = S'''$ $= 0,41 . \delta^{2} . S''' = 0,41 . 2,5^{2} . 785,54 = 2012,95$ ℔.

Das Gewicht der leeren Tonne = $T = 468$ ℔.

Das Gewicht der Hindernisse = M = 1400 ℔.

Der Halbmesser der Walzen der Trommel = ρ' = 3 Zoll = 0,25 Fuß.

Der Halbmesser der Zapfen dieser Walzen = ρ'' = 3/8 Zoll = 0,031 Fuß.

Der Durchmesser der untersten Brechwalze = D' = 2 Fuß, ihr Gewicht = g' = 160 ℔.

Der Durchmesser der mittelsten Brechwalze = D'' = 2,5 Fuß, ihr Gewicht = g'' = 200 ℔.

Der Durchmesser der obersten Brechwalze = 1,25 Fuß, ihr Gewicht = g''' = 100 ℔.

Der Zapfenhalbmesser der Walzen = ρ = 1 Zoll = 0,0833 Fuß.

Der Berührungswinkel der Tonnlage ~~bei~~ der untersten Walze = η' = 7°

Die Änderung der Tonnlage bei der mittelsten Walze = η'' = 6°.

Die Änderung der Tonnlage bei der obersten Brechwalze = η''' = 32°.

Der mechanische Durchmesser der Seilscheibe = d = 6,5 Fuß.

Das Gewicht einer Scheibe = g = 400 ℔.

Der Halbmesser der Stahlzapfen an derselben = ϱ = $1\frac{1}{4}$ Zoll = 0,104 Fuß.

Der Bogen der Seilscheiben, welcher mit Seil belegt ist, (im Durchschnitt von beiden Seiltrümmern gerechnet) = ε = 38°.

Der Durchmesser des Korbes = D = 5,333.. Fuß.

Die Anzahl Reserveumschläge, welche bei dem Treiben aus der grössten Teufe auf dem Korbe bleiben = m' = 4.

Die Länge des Seilschlags = l = 20 Zoll = 1,66 Fuß.

Der mittlere Neigungswinkel der vom Korbe abgehenden Seiltrümmer = δ = 52°.

Der Halbmesser der Zapfen und Lagern = r = 5 Zoll = 0,4166 Fuß.

Das Gewicht der armirten Korbwelle = G' = 9000 ℔.

Das Gewicht der Kunststangen = S = 2400 ℔.

Die Höhe des Rades = D' = 40,5 Fuß

Das Gewicht des Rades sammt der armirten Welle = G = 16000 ℔.

Die Zahl der Schaufeln jeder Radhälfte = n = 96.

Die mittlere Neigung der Kunststangen = δ' = 90°.

Die Kranzbreite = b = 1 Fuß.

Die Wassermenge pro Sec. = N = 3,33 Cubikfuß.

Das Totalgefälle H' = 24 Fuß

Die Höhe des Wassers im Spundstück = h' = 1,25 Fuß.

Die Tiefe des Radscheitels unter dem Gerinneboden = h = 0,25 Fuß.

Die Zahl, welche anzeigt, in die wievielte Schaufel vom Scheitel an das Wasser schlägt = m = 3

Die Saigerteufe bis zum tiefsten Füllort = H = 123,1 Lachter = 862,48 Fuß. —

Berechnung der Widerstandsmomente bei dem Treiben aus der groessten Teufe.

Die beim Treiben nöthige Zwischenstillstandszeit, t' = 7–8 Minuten = 450 Secunden. —

Berechnung des gesammten Widerstandsmomentes bei dem ersten Stande der Tonnen, wenn die volle Tonne am tiefsten Füllort, die leere am Sturzhaken sich befindet.

Die Widerstände sind hier der Reihe nach folgende:

1) des relativen Gewichts:

a) der vollen Tonne = $W = (Z + M) \sin\alpha'' + S.\sin\alpha + S.\sin\alpha' + S''.\sin\alpha'' + S'''.\sin\alpha''' = (468+1400) \sin. 45°$

$+ 289{,}68 . \sin 90° + 613{,}31 . \sin . 58° + 402{,}14 . \sin 52°$

$+ 2012{,}95 . \sin . 45° = 3880{,}93$ ℔.

b) der leeren Tonne $= W = Z . \sin\alpha$

$= 468 . \sin . 90° = 468{,}00$ ℔.

2) Die Friction auf der Tonnenleitung:

a) der vollen Tonne $= W' = \varphi' . \frac{\rho''}{\rho'} \left[(Z + M) \cos . \alpha''' \right.$

$\left. + S . \cos . \alpha + S' . \cos . \alpha' + S'' . \cos . \alpha'' + S''' . \cos . \alpha''' \right]$

$= 0{,}5 \frac{0{,}031}{0{,}25} \left[(468 + 1400) \cos . 45° + 289{,}68 . \sin 90° \right.$

$\left. + 631{,}31 . \cos . 58° + 402{,}14 . \cos . 52° + 2012{,}95 . \cos . 45° \right]$

$= 202{,}01$ ℔.

b) der leeren Tonne $= W' = \varphi' . \frac{\rho''}{\rho'} Z . \cos . \alpha = 0{,}00$

weil $\cos . \alpha = \cos . 90° = 0$.

3) Die Seilbiegung an der untersten Treibwalze und zwar bei vollem Seiltrumm: W''

$= 0{,}75 \frac{\delta}{D'} (1 - \cos . \eta'/_2)(W + W') = 0{,}75 \frac{0{,}2085}{2}$

$(1 - \cos . 7°/_2)\ 4082{,}94 = 0{,}65$ ℔

4) Die Zapfenfriction an dieser Walze $= W'''$.

Der mittlere Druck auf den Zapfen ist:

$R = \sqrt{\left[2 (W + W' + W'')^2 + g^2 + 2 \left[g . \sin \eta' - W + W' + W'' . \cos . \eta' \right] \right.}$

$\left. (W + W' + W'') \right] = \sqrt{\left[2 . 4083{,}59^2 + 160^2 + 2 . \left[160 . \sin . 7° - 4083{,}59 \right. \right.}$

$\left. \left. . \cos . 7° \right]\ 4083{,}59 \right] = 658{,}35 . W''' = \varphi . \frac{2e}{D' + \delta} . R$

$= 0{,}3 . \frac{2 . 0{,}0833}{2 + 0{,}2085} . 658{,}35 = 14{,}88$ ℔.

5) Die Seilbiegung an der mittleren Treibwalze, und zwar der vollen Tonne: $W^{IV} =$

$0,75\,\frac{\delta}{D''}\left(1-\cos.\frac{\eta''}{2}\right)(W+W'+W''+W''') = 0,75\,\frac{0,2085}{2,5}$

$\left(1-\cos.\frac{60^\circ}{2}\right)4098,47 = 0,36$ ℔.

6) Die Zapfenfriction, welche zu dieser gehört, $= W^{V}$. Der mittlere Druck auf die Zapfen ist:

$R = \sqrt{\left[2(W+W'+W''+W'''+W^{IV})^2 + g''^2 + 2\left[g''\sin.\eta'' - (W+\ldots+W^{IV})\right]\cos.\eta''\right](W+\ldots+W^{IV})}$

$= \sqrt{\left[2.4098,83^2 + 200^2 + 2\left[200.\sin.60^\circ - 4098,83.\cos.60^\circ\right]4098,83\right]} = 691,59$. Daher $W^{V} = \varphi.\frac{2e}{D''+\delta}.R$

$= 0,3.\frac{2.0,0833}{2,5+0,2085}.691,59 = 11,76$ ℔.

7) Die Seilbiegung an der obersten Bandscheibe, und zwar des vollen Seiltrums W^{VI}

$= 0,75\,\frac{\delta}{D'''}\left(1-\cos.\frac{\eta'''}{2}\right)(W+W'+W''+W'''+W^{IV}+W^{V})$

$= 0,75\,\frac{0,2085}{1,25}\left(1-\cos.\frac{32^\circ}{2}\right).4110,59 = 20,05$ ℔.

8) Die hierzu gehörige Zapfenfriction W^{VII}.

Der mittlere Druck auf die Zapfen ist:

$R = \sqrt{\left[2(W+\ldots+W^{VI})^2 + g'''^2 + 2\left[g'''\sin\eta''' - (W+\ldots W^{VI})\cos.\eta'''\right](W+\ldots W^{VI})\right]} = \sqrt{\left[2.4130,64^2 + 100^2 + 2\left[100.\sin.32^\circ - 4130,64.\cos.32^\circ\right]4130,64\right]} = 2318,27$ ℔.

Daher ist $W^{VII} = \varphi\,\frac{2e}{D'''+\delta}.R = 0,3.\frac{2.0,0833}{1,25+0,2085}$

$2318,27 = 79,52$ ℔.

9) Die Seilbiegung an der Göpelscheibe:

a) des vollen Trums $= W^{VIII} = 0,75.\frac{\delta}{D}\left(1-\sin\frac{\varepsilon}{2}\right)$

$(W+\ldots+W^{VII}) = 0,75\,\frac{0,2085}{6,5}.4210,16 = 65,76$.

b) des leeren Trums $= \mathfrak{W}''' = \cancel{0,75\,\frac{0,2085}{6,5}}\;0,75\,\frac{\delta}{D}\Big(1$

$-\sin\frac{\varepsilon}{2}\Big)(\mathfrak{W}-\mathfrak{W}') = 0,75.\frac{0,2085}{6,5}.468,00 = 7,49$.

10) Die Zapfenfriction an der [illegible]

a) von der vollen Tonne = $\mathfrak{W}^{IX}$. Der mittlere Druck auf den Zapfen ist: $R = \sqrt{\left[\left[2(W + \ldots + W^{VIII})^2 + g^2 + 2\left[g \cdot \sin\alpha + (W + \ldots W^{VIII})\cos\alpha\right](W + \ldots + W^{VIII})\right]\right]}$

$= \sqrt{\left[\left[4275{,}92^2 + 400^2 + 2\left[400 \cdot \sin 38^\circ + 4275{,}92 \cdot \cos 38^\circ\right] 4275{,}92\right]\right]} = 8004{,}79$. $W^{IX} = \varphi \frac{2e}{D+\delta} \cdot R$

$= 0{,}3 \cdot \frac{2 \cdot 0{,}2085}{6{,}5 + 0{,}2085} \cdot 8004{,}79 = 74{,}44$.

b) von der leeren Tonne = $\mathfrak{W}^{III}$. Der mittlere Druck auf den Zapfen ist: $R' = \sqrt{\left[\left[2\left[\mathfrak{W} - (\mathfrak{W}' + \mathfrak{W}'')\right]^2 + g^2 + 2\left[g \cdot \sin\alpha + (\mathfrak{W} - (\mathfrak{W}' + \mathfrak{W}''))\cos\alpha\right](\mathfrak{W} - (\mathfrak{W}' + \mathfrak{W}''))\right]\right]}$

$= \sqrt{\left[\left[2 \cdot 460{,}51^2 + 400^2 + 2\left[400 \cdot \sin 38^\circ + 460{,}51 \cdot \cos 38^\circ\right] 460{,}51\right]\right]} = 1070{,}13$. Daher ist $\mathfrak{W}^{IV} = \varphi \frac{2e}{D+\delta} \cdot R'$

$= 0{,}3 \cdot \frac{2 \cdot 0{,}0833}{6{,}5 + 0{,}2085} \cdot 1070{,}13 = 9{,}95$.

Die Lastentfernung ist bei diesem Stande:

a) der vollen Tonne $b = \frac{D+\delta}{2} = \frac{5{,}333 + 0{,}2085}{2} = 2{,}771$.

b) der leeren $b' = \frac{D + (2n' - 1)\delta}{2}$. $n' = -\frac{D}{2\delta} + \sqrt{\left(\frac{1}{\pi} \cdot F^{*} + \frac{m'(D+\delta)}{l} + \left(\frac{D}{2\delta}\right)^2\right)} = -\frac{5{,}333}{2 \cdot 0{,}2085} + \sqrt{\left(\frac{1}{3{,}141} \cdot 1295 + \frac{4(5{,}333 + 0{,}2085)}{1{,}666\ldots} + \left(\frac{5{,}333}{0{,}2085}\right)^2\right)} = 7{,}8 = 8$; daher ist

$b' = \frac{5333 + (2 \cdot 8 - 1)\, 0{,}2085}{2} = 4{,}230$.

11) Die Seilbiegung der vollen Tonne am Korbe:

$W^{X} = 0{,}75 \frac{\delta}{2 \cdot b^{II}} (W + W' + \ldots + W^{IX}) = 0{,}75 \frac{0{,}2085}{2 \cdot 2{,}771}$

$4350{,}36 = 119{,}86$.

* F bedeutet bei der Berechnung der Lastentfernung die Länge des auf dem Korbe aufgewickelten Seils in Füßen mit Ausschluß der Reserveumschläge.

12) die Friction der Korbwelle $= W^{XI} \cdot Z =$

$W + W' + W'' + W''' + W^{IV} + W^{V} + W^{VI} + W^{VII} + W^{VIII} + W^{IX} + W^{X} + \mathfrak{A}$

$- (\mathfrak{A}' + \mathfrak{A}'' + \mathfrak{A}''') = 4820{,}78$; $W^{XI} = \frac{G' \cdot \varrho}{\mathfrak{b}^{VI}} \sqrt{\left[Z^2 + 2Z(G' + \tfrac{1}{2}S)\sin.\delta + (G' + \tfrac{1}{2}S)^2\right]} = \frac{0{,}3 \cdot 0{,}4166}{2{,}771}$

$\sqrt{\left[4820{,}78^2 + 2 \cdot 4820{,}78 \left[9000 + \frac{2400}{2}\right] \sin.52^\circ + \left(9000 + \frac{2400}{2}\right)^2\right]}$

$= 697{,}12.$

Demnach ist das erste gesamte Widerstandsmoment

$= \mathfrak{b}^{VI} \cdot W^{0} = \mathfrak{b}^{VI}(W + W' + W'' \ldots + W^{XI})$

$- \mathfrak{b}'\left[\mathfrak{A} - (\mathfrak{A}' + \mathfrak{A}'' + \mathfrak{A}''')\right] = 2{,}771 \cdot 5067{,}34 - 4{,}230 \cdot$

$450{,}56 = 14041{,}60 - 1905{,}87 = 12135{,}73$ Fuß℔.

<u>Berechnung des gesamten Widerstandsmoments bei dem zweiten Stande der Tonnen, wenn die volle Tonne zwischen dem tiefsten und dem dritten Bruche in der Mitte, die leere zwischen dem zweiten und dritten Bruche sich befindet.</u>

Die zu überwindenden Widerstände sind hier:

1) die eigentliche Last:

a) der vollen Tonne $= W = (Q + M)\sin\alpha''' + S.\sin.\alpha$

$+ S'.\sin\alpha' + S''.\sin\alpha'' + S'''/2.\sin.\alpha''' = (468 + 1400)\sin 45^\circ$

$+ 289{,}68 \sin.90^\circ + 613{,}31.\sin.58^\circ + 402{,}14 \sin.52^\circ +$

$\frac{2012{,}95}{2}.\sin.45^\circ = 3169{,}25$ ℔.

b) der leeren Tonne $= W = Z.\sin\alpha'' + S.\sin\alpha$
$+ S'.\sin\alpha' + \left(\frac{S'''}{2} - (S + S')\right)\sin\alpha'' = 468 \sin 52^\circ$
$+ 289{,}68.\sin 90^\circ + 613{,}31 \sin 58^\circ + \left(1006{,}48\right.$
$\left.- (289{,}68 + 613{,}31)\right)\sin 52^\circ = 1260{,}13$ ℔.

2) Die Friction auf der Tonnenleitung:

a) der vollen Tonne: $W' = C'.\frac{\varrho''}{\varrho'}\left[(Z.\ )\cos\alpha''\right.$
$\left.+ S.\cos\alpha + S.\cos\alpha' + S''.\cos\alpha'' + \frac{S'''}{2}.\cos\alpha'''\right]$
$= 0{,}5.\frac{0{,}031}{0{,}25}\left[(468+1400)\cos 45^\circ + 289{,}68.\cos 90^\circ\right.$
$\left.+ 613{,}31.\cos 58^\circ + 402{,}14.\cos 52^\circ + \frac{2012{,}95}{2}.\cos 45^\circ\right]$
$= 159{,}32$ ℔.

b) der leeren Tonne: $W' = C'.\varrho''/\varrho'\left[Z.\cos\alpha''\right.$
$\left.+ S.\cos\alpha + S'.\cos\alpha' + \left(\frac{S'''}{2} - (S+S')\right)\cos\alpha''\right] = 0{,}5\frac{0{,}031}{0{,}25}$
$\left[468.\cos 52^\circ + 289{,}68.\cos 90^\circ + 613{,}31.\cos 58^\circ\right.$
$\left.+ 1006{,}48 - (289{,}68 + 613{,}31))\cos 52^\circ\right] = 40{,}58$ ℔.

3) Die Seilbiegung an der untersten Druck-walze, und zwar bei voller Tonne:
$W''' = 0{,}75\,\delta/\varrho'\,(1 - \cos\eta/2)(W + W') = 0{,}75\frac{0{,}2085}{2}(1 - \cos 7^\circ/2)$
$3328{,}57 = 0{,}53$ ℔.

4) Die hierzu gehörige Zapfenfriction: W''''.
Der mittlere Druck auf den Zapfen ist: R
$= \sqrt{\left[2(W+W'+W'')^2 + g^2 + 2\left[g.\sin\eta' - (W+W'+W'')\cos\eta'\right]\right.}$
$\left.(W+W'+W'')\right] = \sqrt{\left[2.3329{,}10^2 + 160^2 + 2\left[160.\sin 7^\circ\right.\right.}$

$- 3329,10 . \cos. 7^{0}] \, 3329,10 = 566,28$. $W''' = \varphi . \frac{2\varrho}{D'+\delta} . R$

$= 0,3 . \frac{2 . 0,0833}{2+0,2085} . 566,28 = 12,79$.

5) Die Seilbiegung an der mittleren Druckwalze:

a) des vollen Trums $= W^{IV} = 0,75 \, \delta / D'' (1 - \cos. \eta''/_{2})$

$(W + W' + W'' + W''') = 0,75 \frac{0,2085}{2,5} (1 - \cos. 6^{0}/_{2})$ ~~1219,63~~ $3341,89$

$= 0,29$ ℔.

b) des leeren Trums $\mathfrak{W}'' = 0,75 \, \delta / D'' (1 - \cos. \eta''/_{2}) (\mathfrak{W} - \mathfrak{W}')$

$= 0,75 . \frac{0,2085}{2,5} (1 - \cos. 6^{0}/_{2}) \, 1219,63 = 0,11$ ℔.

6) Die Zapfenfriction an der mittleren Druckwalze:

a) des vollen Trums $= W^{V}$. Der mittlere Druck auf den Zapfen ist: $R = \sqrt{\left[2 (W + \dots + W^{IV})^{2} + g''^{2} + 2 [g'' . \sin \eta'' - (W + \dots + W^{IV}) \cos. \eta''] (W + \dots + W^{IV}) \right]} = \sqrt{\left[2 (3342,18^{2} + 200^{2} + 2 [200 . \sin 6^{0} - 3342,18 . \cos. 6^{0}] 3342,18 \right]} = 549,61$.

$W^{V} = \varphi \frac{2\varrho}{D''+\delta} . R = 0,3 . \frac{2 . 0,0833}{2,5+0,2085} . 549,61 = 9,25$ ℔.

b) vom leeren Seiltrum: $\mathfrak{W}'''$. Der mittlere Druck auf den Zapfen ist: $R' = \sqrt{\left[2 (\mathfrak{W} - (\mathfrak{W}' + \mathfrak{W}''))^{2} + g''^{2} + 2 [g'' . \sin \eta'' - (\mathfrak{W} - (\mathfrak{W}' + \mathfrak{W}'')) . \cos. \eta''] (\mathfrak{W} - (\mathfrak{W}' + \mathfrak{W}'')) \right]}$

$= \sqrt{\left[2 . 1219,52^{2} + 200^{2} + 2 [\cancel{1219,52} . 200 . \sin. 6^{0} - 1219,52 . \cos. 6^{0}] \, 1219,52 \right]} = 328,01$. $\mathfrak{W}''' = \varphi . \frac{2\varrho}{D''+\delta} . R' = 0,3 . \frac{2 . 0,0833}{2,5+0,2085} . 328,01$

$= 5,58$ ℔.

7) Die Seilbiegung an der obersten Druckwalze:

a) des vollen Seiltrums $W^{VI} = 0{,}75 \frac{\delta}{D'''}\left(1 - \cos. \frac{\eta'''}{2}\right)$

$\left(W_I + \ldots + W^{V}\right) = 0{,}75 \frac{0{,}2085}{1{,}25}\left(1 - \cos. \frac{32^\circ}{2}\right) . 3351{,}43 = 16{,}75$ ℔.

b) des leeren Seiltrums $= \mathfrak{W}^{IV} = 0{,}75 . \frac{\delta}{D'''}\left(1 - \cos. \frac{\eta'''}{2}\right)$

$\left(\mathfrak{W} - \left(\mathfrak{W}' + \mathfrak{W}'' + \mathfrak{W}'''\right)\right) = 0{,}75 \frac{0{,}2085}{1{,}25}\left(1 - \cos. \frac{32^\circ}{2}\right) . 1213{,}94 = 6{,}07.$

8) Die Zapfenfriction an der obersten Druckwalze:

a) vom vollen Seiltrum $= W^{VII}$. Der mittlere Druck auf den Zapfen ist: $R = \sqrt{\left[2\left(W_I + \ldots + W^{VI}\right)^2 + g'''^2\right.}$

$\overline{\left. + 2\left[g''' \sin. \eta''' - \left(W_I + \ldots + W^{VI}\right) \cos. \eta'''\right]\left(W_I + \ldots + W^{VI}\right)\right]} = \sqrt{\left[2 . 3368{,}18^2\right.}$

$\overline{\left. + 100^2 + 2\left[100 . \sin. 32^\circ - 3368{,}18 . \cos. 32^\circ\right] 3368{,}18\right]} = 1958{,}24.$

$W^{VII} = \varphi . \frac{2e}{D''' + \delta} . R = 0{,}3 . \frac{2 . 0{,}0833}{1{,}25 + 0{,}2085} . 1958{,}24 = 67{,}16$ ℔.

b) vom leeren Trum $\mathfrak{W}^{V}$. Der mittlere Druck auf die Zapfen ist: $R' = \sqrt{\left[2\left(\mathfrak{W} - \left(\mathfrak{W}' + \ldots\right.\right.\right.}$

$\overline{\left.\left.\left. + \ldots \mathfrak{W}^{IV}\right)\right)^2 + g'''^2 + 2\left[g''' \sin. \eta''' - \left(\mathfrak{W} - \left(\mathfrak{W}' + \ldots + \mathfrak{W}^{IV}\right)\right) \cos. \eta'''\right]\right.}$

$\overline{\left.\left(\mathfrak{W} - \left(\mathfrak{W}' + \ldots + \mathfrak{W}^{IV}\right)\right)\right]} = \sqrt{\left[2 . 1206{,}87^2 + 100^2 + 2\left[100\right.\right.}$

$\overline{\left.\left. \sin. 32^\circ - 1206{,}87 . \cos. 32^\circ\right] 1206{,}87\right]} = 765{,}45 . \mathfrak{W}^{V} =$

$\varphi . \frac{2e}{D''' + \delta} . R' = 0{,}3 . \frac{2 . 0{,}0833}{1{,}25 + 0{,}2085} . 765{,}45 = 26{,}25$ ℔.

9) Die Seilbiegung an der Seilscheibe:

a) des vollen Trums: $W^{VIII} = 0{,}75 \frac{\delta}{d}\left(1 - \sin. \frac{\varepsilon}{2}\right)\left(W_I + \ldots + W^{VII}\right)$

$= 0{,}75 \frac{0{,}2085}{6{,}5}\left(1 - \sin. \frac{38^\circ}{2}\right) . 3435{,}34 = 54{,}96$ ℔.

b) des leeren Trums. $\mathfrak{W}^{VI} = 0{,}75 \frac{\delta}{d}\left(1 - \sin. \frac{\varepsilon}{2}\right)\left(\mathfrak{W} - \left(\mathfrak{W}' + \ldots + \mathfrak{W}^{V}\right)\right)$

$= 0{,}75 . \frac{0{,}2085}{6{,}5}\left(1 - \sin. \frac{32^\circ}{2}\right) . 1180{,}62 = 18{,}89$ ℔.

10) Die Zapfenfriction an der Spindelwelle

a) beim vollen Seiltrumm: W^{IX}. Der mittlere Druck auf den Zapfen ist: $R = \sqrt{\left[2(W' + \ldots + W^{VIII})^2 + g^2 + 2\left[g.\sin\varepsilon + (W' + \ldots + W^{VIII})\cos.\varepsilon\right](W' + \ldots + W^{VIII})\right]} = \sqrt{\left[2.3490,30^2 + 400^2 + 2\left[400.\sin.38^\circ + 3490,30\cos.38^\circ\right]3490,30\right]} = 6741,24$

$W^{IX} = \varphi.\frac{2e}{D+\delta}.R = 0,3\frac{2.0,0833}{6,5+0,2085}.6741,24 = 62,69$ Pfund.

b) beim leeren Seiltrumm: $R' = \sqrt{\left[2(\mathfrak{W} - (\mathfrak{W}' + \ldots + \mathfrak{W}^{VIII}))^2 + g^2 + 2\left[g.\sin\varepsilon + (\mathfrak{W} - (\mathfrak{W}' \ldots \mathfrak{W}^{VIII}))\cos.\varepsilon\right](\mathfrak{W} - (\mathfrak{W}' + \ldots + \mathfrak{W}^{VIII}))\right]} = \sqrt{\left[2.1161,73^2 + 400^2 + 2\left[400.\sin.38^\circ + 1161,73.\cos 38^\circ\right]1161,73\right]} = 2357,63.$

$\mathfrak{W}^{VIII} = \varphi.\frac{2e}{D+\delta}.R' = 0,3\frac{2.0,08333}{6,5+0,2085}.2357,63 = 21,93$ Pfund.

Die Lastentfernung der vollen Tonne ist: $b' = \frac{D + (2n-1)\delta}{2}$

$n = -\frac{D}{2\delta} + \sqrt{\left(\frac{\frac{1}{\pi}.F + m'(D+\delta)}{l} + \left(\frac{D}{2\delta}\right)^2\right)} = -\frac{5,333}{2.0,2085} + \sqrt{\left(\frac{\frac{1}{3,141}392,77 + 4(5,333+0,2085)}{1,666} + \left(\frac{5,333}{2.0,2085}\right)^2\right)} = 3,0 = 3$, also $b' = \frac{5,333 + (2.3-1).0,2085}{2} = 3,188$ Fuß.

Die Lastentfernung der leeren Tonne ist: $b'' = \frac{D + (2n'-1)\delta}{2}$

$n' = -\frac{D}{2\delta} + \sqrt{\left(\frac{\frac{1}{\pi}F + m'(D+\delta)}{l} + \left(\frac{D}{2\delta}\right)^2\right)} = -\frac{5,333}{2.0,2085} + \sqrt{\left(\frac{\frac{1}{3,141}.902,23 + 4(5,333+0,2085)}{1,666} + \left(\frac{5,333}{2.0,2085}\right)^2\right)} = 5,9 = 6$, daher $b'' = \frac{5,333 + (2.6-1).0,2085}{2} = 3,813$ Fuß.

11) Die Seilbiegung des vollen Trummes am Korbe.

$W^{X} = 0,75\frac{\delta}{2b'}(W' + \ldots + W^{IX}) = 0,75\frac{0,2085}{2.3,188}.3552,99 = 87,12$ Pfund.

12) Die Zapfenfriction an der Kurbelwelle W^{XI}.

Setzt man $Z = W + \dots + W^{X} + \Sigma L - (\Sigma L' + \dots + \Sigma L^{VIII}) = 4779{,}91$,

so ist $W^{XI} = \varphi \frac{r}{b^{V}} \sqrt{\left[Z^2 + 2Z\left(G' + \tfrac{1}{2}S'\right)\sin\delta + \left(G' + \tfrac{1}{2}S'\right)^2\right]}$

$= 0{,}3 \cdot \frac{0{,}4166}{3{,}188} \sqrt{\left[4779{,}91^2 + 2 \cdot 4779{,}91\left(9000 + \frac{2400}{2}\right)\sin 52^\circ\right.}$

$\left.+ \left(9000 + \frac{2400}{2}\right)^2\right] = 603{,}81.$

Das zweite gesammte Lastmoment ist hier:

$b^{V} W = b^{V}(W + \dots + W^{XI}) - b''(\Sigma L - (\Sigma L' + \dots \Sigma L^{VIII}))$

$= 3{,}188 \cdot 4243{,}92 - 3{,}813 \cdot 1139{,}80 = 13529{,}62 - 4346{,}06$

$= 9183{,}56$ Fuß lb.

<u>Berechnung des dritten gesamten Widerstands-momentes, wenn die volle Tonne in der Mitte zwischen dem zweiten und dritten Bruche, und die leere zwischen dem dritten Bruche und dem Tiefsten ist.</u>

Hier sind die Widerstände folgende:

1) das relative Gewicht:

a) der vollen Tonne $= W = (Z + M)\sin\alpha^{0} + S\sin\alpha + S'\sin\alpha'$

$+ \frac{S''}{2}\sin\alpha'' = (468 + 1400)\sin 52^\circ + 289{,}68 \sin 90^\circ + 613{,}31$

$\sin 58^\circ + \frac{402{,}14}{2} \cdot \sin 52^\circ = 2440{,}25$ lb.

b) der leeren Tonne $= Z \cdot \sin\alpha''' + S \cdot \sin\alpha + S' \cdot \sin\alpha' + S'' \cdot \sin\alpha''$

$+ \left(S''' - S + S + \frac{S''}{2}\right)\sin\alpha''' = 468 \sin 45^\circ + 289{,}68 \cdot \sin 90^\circ$

$+ 613{,}31 . \sin. 58^\circ + 402{,}14 . \sin 52^\circ + (2012{,}95 - (289{,}68$

$+ 613{,}31 + \frac{402{,}14}{2})) \sin. 45^\circ = 2090{,}30$ ℔.

2) Die Friction auf dem Zapfen.

a) der vollen Tonne: $W' = \varphi . \rho''/\rho' \left[(Z+M) \cos.\alpha''\right.$

$\left. + S . \cos.\alpha + S/_2 . \cos.\alpha''\right] = 0{,}5 . \frac{0{,}031}{0{,}25}\left[(468 + 1400) \cos. 52^\circ\right.$

$\left. + . 289{,}68 . \cos. 90^\circ + 613{,}31 . \cos. 58^\circ + \frac{402{,}14}{2} . \cos. 52^\circ\right] = 95{,}93$ ℔

b) der leeren Tonne $= W'' = \varphi' \rho''/\rho' \left[Z . \cos.\alpha''' + S . \cos.\alpha\right.$

$\left. + S' . \cos.\alpha' + S'' . \cos.\alpha'' + (S''' - (S + S' + S''/_2)) \cos.\alpha'''\right] = 0{,}5 \frac{0{,}0833}{0{,}25}$

$\left[468 \cos. 45^\circ + 289{,}68 . \cos. 90^\circ + 613{,}31 . \cos. 58^\circ + 402{,}14\right.$

$\left. . \cos. 52^\circ + (2012{,}95 - (289{,}68 + 613{,}31 + \frac{402{,}14}{2})) \cos. 45^\circ\right] = 92{,}78$ (℔)

3) Die Seilbiegung an der untersten Leitwalze

und zwar des leeren Seiltrumms: $W''' = 0{,}75\, \delta/2\rho' (1 - \cos. \eta/_2)$

$(W - W'') = 0{,}75 \frac{0{,}2085}{2} (1 - \cos. 7^\circ/_2)(1997{,}59) = 0{,}32$ ℔.

4) Die dazu gehörige Zapfenfriction W^{IV}: Der mittlere Druck auf den Zapfen ist: $R' = \sqrt{\left[2(W\right.}$

$- (W' + W'''))^2 + g^2 + 2\left[g \sin.\eta' - (W - (W' + W''')) \cos.\eta'\right]$

$\left.(W - (W' + W'''))\right] = \sqrt{\left[2 . 1997{,}27^2 + 160^2 + 2\left[160 . \sin. 7^\circ - 1997{,}27\right.\right.}$

$\left.\left. . \cos. 7^\circ\right] 1997{,}27\right] = 403{,}69 . W^{IV} = \varphi . \frac{2e}{\Delta + \delta} . R' = \frac{0{,}3 . 2 . 0{,}0833}{2 + 0{,}2085}$

$403{,}69 = 9{,}12$ ℔.

5) Die Seilbiegung an der mittelsten Leitwalze:

a) des ~~leeren~~ vollen Seiltrums: $W'' = 0,75 \frac{\delta}{D''}\left(1-\cos.\frac{\eta''}{2}\right)(W+W')$

$= 0,75 \frac{0,2085}{2,5}\left(1-\cos.\frac{6^0}{2}\right) 2536,18 = 0,22$ ℔.

b) des leeren Seiltrums $= \mathfrak{W}^{IV} = 0,75 . \frac{\delta}{D''}\left(1-\cos.\frac{\eta''}{2}\right)$

$\left(\mathfrak{W} - (\mathfrak{W}' + \mathfrak{W}'' + \mathfrak{W}''')\right) = 0,75 . \frac{0,2085}{2,5}\left(1-\cos.\frac{6}{2}\right) 1988,15 = 0,17$ ℔.

c) Die Zapfenfriction an der mittelsten Leitwalze:

a) vom vollen Seiltrum: W''' Der mittlere Druck auf den Zapfen ist: $R = \sqrt{\left[2(W+W'+W'')^2 + g''^2 + 2\left[g''.\sin\eta'' - (W+W'+W'')\cos.\eta''\right](W+W'+W'')\right]} = \sqrt{\left[2.2536,40^2 + 200^2 + 2\left[200.\sin 6^0 - 2536,40.\cos. 6^0\right] 2536,40\right]} = 465,07.$

$W''' = \varphi . \frac{2\rho}{D''+\delta} . R = 0,3 . \frac{2.0,0833}{2,5+0,2085} . 465,07 = 7,90$ ℔.

b) vom leeren Seiltrum $= \mathfrak{W}^{V}$ Der mittlere Druck auf den Zapfen ist: $R' = \sqrt{\left[2\left(\mathfrak{W} - (\mathfrak{W}' + \ldots \mathfrak{W}^{IV})\right)^2 + g''^2 + 2\left[g''.\sin\eta'' - \left(\mathfrak{W} - (\mathfrak{W}' + \ldots + \mathfrak{W}^{IV})\right)\cos.\eta''\right]\left(\mathfrak{W} - (\mathfrak{W}' + \mathfrak{W}'' + \ldots + \mathfrak{W}^{IV})\right)\right]}$

$= \sqrt{\left[2.1987,98^2 + 200^2 + 2\left[200.\sin.6^0 - 1987,98.\cos.6^0\right] 1987,98\right]}$

$= 408,09$. $\mathfrak{W}^{V} = \varphi . \frac{2\rho}{D''+\delta} . R' = 0,3 . \frac{2.0,0833}{2,5+0,2085} . 408,09 = 6,94$ ℔.

d) Die Seilbiegung an der obersten Leitwalze

a) des vollen Seiltrums $= W^{IV} = 0,75 \frac{\delta}{D'''}\left(1-\cos.\frac{\eta'''}{2}\right)(W + \ldots + W''')$

$= 0,75 . \frac{0,2085}{1,25}\left(1-\cos.\frac{32^0}{2}\right) . 2528,50 = 12,64$ ℔.

b) des leeren Trums $= \mathfrak{W}^{VI} = 0,75 \frac{\delta}{D'''}\left(1-\cos.\frac{\eta'''}{2}\right)\left(\mathfrak{W} - (\mathfrak{W}' + \ldots + \mathfrak{W}^{V})\right)$

$= 0,75 \frac{0,2085}{1,25}\left(1-\cos.\frac{32^0}{2}\right) . 1981,04 = 9,90$ ℔.

8) Die Zapfenfriction an der ~~Schöpfscheibe~~ obersten Bruchwelle:

a) beim vollen Seiltrum = W^{V}. Der mittlere Druck auf den Zapfen ist: $R = \sqrt{\left[2(W + \dots + W^{IV})^2 + g'''^2 + 2\left[g''' \sin\eta''' - (W + W' + \dots W^{IV})\cos\eta'''\right](W + \dots + W^{IV})\right]}$

$= \sqrt{\left[2 \cdot 2541{,}14^2 + 100^2 + 2\left[100 \cdot \sin 32^\circ - 2541{,}14 \cdot \cos 32^\circ\right]2541{,}14\right]}$

$= 1497{,}16$. $W^{V} = \varphi \frac{2\varrho}{D''' + \delta} \cdot R = 0{,}3 \cdot \frac{2 \cdot 0{,}0833}{1{,}25 + 0{,}2085} \cdot 1497{,}16$

$= 51{,}35$ ℔.

b) beim leeren Seiltrum = $\mathfrak{W}^{VII}$. Der mittlere Druck auf den Zapfen ist: $R' = \sqrt{\left[2(\mathfrak{W} - (\mathfrak{W}' + \dots + \mathfrak{W}^{VI}))^2 + g'''^2 + 2\left[g''' \sin\eta''' - (\mathfrak{W} - (\mathfrak{W}' + \mathfrak{W}'' + \dots + \mathfrak{W}^{VI}))\cos\eta'''\right](\mathfrak{W} - (\mathfrak{W}' + \dots + \mathfrak{W}^{VI}))\right]}$

$= \sqrt{\left[2 \cdot 1971{,}14^2 + 100^2 + 2\left[100 \cdot \sin 32^\circ - 1971{,}14 \cdot \cos 32^\circ\right]1971{,}14\right]}$

$= 1183{,}09$. $\mathfrak{W}^{VII} = \varphi \frac{2\varrho}{D''' + \delta} \cdot R' = 0{,}3 \frac{2 \cdot 0{,}0833}{1{,}25 + 0{,}2085} \cdot 1183{,}09 = 40{,}58$ ℔

9) Die Seilbiegung an der Schöpfscheibe.

a) des vollen Seiltrums $W^{VI} = 0{,}75 \cdot \frac{\delta}{D}\left(1 - \sin \alpha/2\right)(W + \dots W^{V})$

$= 0{,}75 \cdot \frac{0{,}2085}{6{,}5}\left(1 - \sin \frac{38^\circ}{2}\right) 2592{,}49 = 41{,}48$ ℔.

b) des leeren Seiltrums $\mathfrak{W}^{VIII} = 0{,}75 \frac{\delta}{D}\left(1 - \sin \alpha/2\right)\left(\mathfrak{W} - (\mathfrak{W}' + \dots + \mathfrak{W}^{VI})\right) = 0{,}75 \frac{0{,}2085}{6{,}5}\left(1 - \sin \frac{32^\circ}{2}\right) \cdot 1930{,}56 = 30{,}89$ ℔.

10) Die Zapfenfriction an der Schöpfscheibe a) des vollen Trums W^{VII}. Der mittlere Druck auf den Zapfen ist: $R = \sqrt{\left[2(W + \dots W^{VI})^2 + g^2 + 2\left[g \sin\varepsilon + (W + W' + \dots + W^{VI})\cos\varepsilon\right](W + \dots W^{VI})\right]}$.

$\sqrt{\left[2 . 2633{,}97^2 + 400^2 + 2\left[400 . \sin . 38^\circ + 2633{,}97 \cos . 38^\circ\right]\right.}$

$2633{,}97 = 5125{,}13$. $W^{VII} = \varphi \frac{2\varrho}{D+\delta} . R = \frac{0{,}3 . 2 . 0{,}08333}{6{,}5 + 0{,}2085}$

$5125{,}13 = 47{,}66$.

Wegen leeren Seilkorbs: W^{IX}. Der mittlere Druck auf den Zapfen ist. $R' = \sqrt{\left[2\left(W - (W' + \dots W^{VIII})\right)^2 + g^2\right.}$

$\left. + 2\left[g . \sin \varepsilon + \left(W - (W' + \dots + W^{VIII})\right) \cos . \varepsilon\right]\left(W - (W' + \dots + W^{VIII})\right)\right]$

$= \sqrt{\left[2 . 1899{,}67^2 + 400^2 + 2\left[400 . \sin . 38^\circ + 1899{,}67 . \cos . 38^\circ\right] 1899{,}67\right.}$

$= 3742{,}28$. $W^{IX} = \varphi \frac{2\varrho}{D+\delta} = 0{,}3 . \frac{2 . 0{,}08333}{6{,}5 + 0{,}2085} . 3742{,}28 = 34{,}80$ ℔.

Die Lastentfernung des vollen Seilkorbs ist: b^{IV}.

Die Anzahl der Seilbewicklungen findet man $n = -\frac{D}{2\delta}$

$+ \sqrt{\left[\frac{\frac{1}{\pi} . F + 4(D+\delta)}{l} + \left(\frac{D}{2\delta}\right)^2\right]} = -\frac{5{,}333}{2 . 0{,}2085} + \sqrt{\left[\frac{\frac{1}{3{,}141} . 864{,}08}{}\right.}$

$\left. \frac{+ 4(5{,}333 + 0{,}2085)}{1{,}666} + \left(\frac{5{,}333}{2 . 0{,}2085}\right)^2\right] = 5{,}7 = 6$, daher $b^{IV} = \frac{D + (2n-1)\delta}{2}$

$= \frac{5{,}333 + (2 . 6 - 1) 0{,}2085}{2} = 3{,}813$ Fuß.

Die Lastentfernung des leeren Seilkorbs ist: b'''. Die Anzahl der Seilbewicklungen ist bei diesem Stande der Trommel $n' = -\frac{D}{2\delta} + \sqrt{\left(\frac{\frac{1}{\pi} . F + m'(D+\delta)}{l} + \left(\frac{D}{2\delta}\right)^2\right)} = -\frac{5{,}333}{2 . 0{,}2085}$

$+ \sqrt{\left[\frac{\frac{1}{3{,}141} . 130{,}92 + 4(5{,}333 + 0{,}2085)}{1{,}666} + \left(\frac{5{,}333}{2 . 0{,}2085}\right)^2\right]} = 3{,}2 = 4$.

$b''' = \frac{D + (2n' - 1)\delta}{2} = \frac{5{,}333 + (2 . 4 - 1) 0{,}2085}{2} = 3{,}396$ Fuß.

11) Die Seilbiegung des vollen Seilkorbs am Korbe:

$W^{VIII} = 0{,}75 \frac{\delta}{2 . b^{IV}} (W + \dots W^{VII}) = 0{,}75 \frac{0{,}2085}{2 . 3{,}813} . 2681{,}66$

$= 54{,}99$ ℔.

12) Die Zapfenfriction der armirten Kreuzwelle.

Ist hier $Z = W + \ldots + W^{VIII} + A - (A' + \ldots + A^{IX}) = 4601,52$,

so ist diese Friction $= W^{IX} = \frac{f \cdot \delta}{b^{IV}} \sqrt{\left[Z^2 + 2Z\left(G' + \frac{1}{2} S'\right) \sin. \delta + \left(G' + \frac{1}{2} S'\right)^2\right]} = 0,3 . \frac{0,4166}{3,813} \sqrt{\left[4601,52^2 + 2 . 4601,52 \left(9000 + \frac{2400}{2}\right) . \sin. 52^{\circ} + \left(9000 + \frac{2400}{2}\right)^2\right]} = 499,93$ ℔.

Demnach ist das gesammte ~~mittlere~~ Lastmoment

$b^{IV} . W''' = b^{IV}\left(W + \ldots + W^{IX}\right) - b'''\left[A - \left(A' + \ldots + A^{IX}\right)\right]$

$= 3,813 . 3236,58 - 3,396 . 1864,87 = 12341,08 - 6333,08$

$= 6008,00$ Fuß℔.

Berechnung des gesammten Widerstandsmoments bei dem vierten Tonnenstande, wenn die volle Tonne in der Mitte zwischen dem ersten und zweiten Bruche, die leere in der Mitte zwischen dem dritten Bruche und dem tiefsten sich befindet.

Die Widerstände sind hier folgende:

1) die relative Schwerkraft: a) der vollen Tonne:

$W = (Z + M) \sin \alpha' + S . \sin \alpha + \frac{S'}{2} . \sin . \alpha' = (466 + 1400)$

$\sin . 58^{\circ} + 289,68 . \sin 90^{\circ} + \frac{613,31}{2} . \sin . 58^{\circ} = 2133,93$ ℔.

b) der leeren Tonne $= A = Z . \sin \alpha''' + S . \sin \alpha + S' . \sin \alpha' + S'' . \sin \alpha''$

$+ \left(S''' - \left(S + S'/2\right)\right) \sin \alpha''' = 468 . \sin . 45^{\circ} + 289,68 . \sin . 90^{\circ} + 613,31 . \sin . 58$

$+ 402,14 \cdot \sin 52^\circ + \left(2012,95 - \left(289,68 + \frac{613,31}{2}\right)\right) \sin 45^\circ$

$= 2449,37$ ℔.

2) der Friction auf dem Tonnfach:

a) der vollen Tonne: $W' = \varphi' \cdot \rho''/\rho' \left[(L+M)\cos\alpha' + S \cos\alpha + \frac{S'}{2} \cos\alpha'\right] = 0,5 \cdot \frac{0,031}{0,25}\left[(468+1400)\cos 58^\circ + 289,68 \cdot \cos 90^\circ + \frac{613,31}{2} \cdot \cos 58^\circ\right] = \cancel{2133,98} \; 75,14$ ℔.

b) der leeren Tonne: $W'' = \varphi' \cdot \rho''/\rho' \left[L \cos\alpha'' + S \cos\alpha + S' \cos\alpha' + S'' \cos\alpha'' + \left(S''' - \left(S + \frac{S'}{2}\right)\right)\cos\alpha'''\right] = 0,5 \frac{0,031}{0,25}\left[468 \cdot \cos 45^\circ + 289,68 \cdot \cos 90^\circ + 613,31 \cdot \cos 58^\circ + 402,14 \cos 52^\circ + \left(2012,95 - \left(289,68 + \frac{613,31}{2}\right)\right)\cos 45^\circ\right] = 114,27$ ℔.

3) die Seilbiegung an der untersten Bruchwalze und zwar des leeren Seiltrums: $W''' = 0,75 \frac{\delta}{D'}(1 - \cos \eta/2)(W - W'')$

$= 0,75 \frac{0,2085}{2}(1 - \cos 7^\circ/2) \cdot 2334,70 = 0,37$ ℔.

4) die dazu gehörige Zapfenfriction W'''': Der mittlere Druck auf den Zapfen ist: $R' = \sqrt{\left[2\left(W - (W' + W'' + W''')\right)^2 + g^2 + 2\left[g \sin\eta' - \left(W - (W' + W'' + W''')\right)\cos\eta'\right]\left(W - (W' + W'')\right)\right]}$

$= \sqrt{\left[2 \cdot 2334,70^2 + 160^2 + 2\left[160 \cdot \sin 7^\circ - 2334,70 \cdot \cos 7^\circ\right] 2334,70\right]}$

$= 444,87$. $W'''' = \varphi \frac{2e}{D' + \delta} \cdot R' = 0,3 \cdot \frac{2 \cdot 0,0833}{2 + 0,2085} \cdot 444,87 = 10,05$ ℔.

5) die Seilbiegung an der mittelsten Bruchwalze und zwar des leeren Seiltrums $= W^{V} = 0,75 \cdot \frac{\delta}{D''}(1 - \cos \eta''/2)\left(W - (W' + \ldots + W'''')\right)$

$= 0,75 \cdot \frac{0,2085}{2,5}(1 - \cos 6^\circ/2) \cdot 2324,65 = 0,20$ ℔.

β) Die hierzu gehörige Zapfenfriction: $\mathfrak{W}^{V}$. Der mittlere Druck auf den Zapfen ist: $R' = \sqrt{\left[2\left(\mathfrak{W}-(\mathfrak{W}'+\ldots\mathfrak{W}^{IV})\right)^2 + g''^2 + 2\left[g''\sin\eta'' - \left(\mathfrak{W}-(\mathfrak{W}'+\ldots+\mathfrak{W}^{IV})\right)\cos\eta''\right]\left(\mathfrak{W}-(\mathfrak{W}'+\ldots+\mathfrak{W}^{IV})\right)\right]}$

$= \sqrt{\left[2.2324{,}45^2 + 200^2 + 2\left[200.\sin 6^\circ - 2324{,}45.\cos 6^\circ\right]2324{,}45\right]}$

$= 442{,}03.$ $\mathfrak{W}^{V} = \varphi.\frac{2\varrho}{D''+d}.R' = 0{,}3.\frac{2.0{,}0833}{2{,}5+0{,}2085}.442{,}03 = 7{,}51$ ℔.

γ) Die Seilbiegung an der oberen Druckwalze:

a) als vollen Seiltrum: $W'' = 0{,}75\,\frac{d}{D'''}\left(1-\cos.\eta'''/_2\right)(W+W')$

$= 0{,}75\frac{0{,}2085}{1{,}25}\left(1-\cos.32^\circ/_2\right).2209{,}07 = 11{,}04$ ℔.

b) als leeren Seiltrum: $\mathfrak{W}^{VI} = 0{,}75\,\frac{d}{D'''}\left(1-\cos.\eta'''/_2\right)\left(\mathfrak{W}-(\mathfrak{W}'+\ldots+\mathfrak{W}^{V})\right)$

$= 0{,}75.\frac{0{,}2085}{1{,}25}\left(1-\cos.32^\circ/_2\right).2316{,}94 = 11{,}58$ ℔.

δ) Die Zapfenfriction an der oberen Druckwalze:

a) vom vollen Trum: W'''. Der mittlere Druck auf den Zapfen ist: $R = \sqrt{\left[2(W+W'+W'')^2 + g'''^2 + 2\left[g'''\sin\eta''' - (W+W'+W'')\cos.\eta'''\right](W+W'+W'')\right]} = \sqrt{\left[2.2220{,}11^2 + 100^2 + 2\left[100.\sin 32^\circ - 2220{,}11.\cos.32^\circ\right]2220{,}11\right]} = 1320{,}31.$

$W''' = \varphi.\frac{2\varrho}{D'''+d}.R = 0{,}3.\frac{2.0{,}0833}{1{,}25+0{,}20858}.1320{,}31 = 45{,}29$ ℔.

b) vom leeren Seiltrum $\mathfrak{W}^{VII}$ der mittlere Druck auf den Zapfen ist: $R' = \sqrt{\left[2\left(\mathfrak{W}-(\mathfrak{W}'\ldots\mathfrak{W}^{VI})\right)^2 + g'''^2 + 2\left[g'''\sin\eta''' - \left(\mathfrak{W}-(\mathfrak{W}'\ldots+\mathfrak{W}^{VI})\right)\cos.\eta'''\right]\left(\mathfrak{W}-(\mathfrak{W}'\ldots+\mathfrak{W}^{VI})\right)\right]} = \sqrt{\left[2.2305{,}36^2 + 100^2 + 2\left[100.\sin 32^\circ - 2305{,}36.\cos.32^\circ\right]2305{,}36\right]} = 1367{,}28.$ $\mathfrak{W}^{VII} = \varphi.\frac{2\varrho}{D'''+d}.R' = 0{,}3.\frac{2.0{,}08333}{1{,}25+0{,}2085}.1367{,}28 = 46{,}90$ ℔.

9) Die Seilbiegung an der Leitscheibe:

a) des vollen Seiltrums $W^{XV} = 0,75\frac{\delta}{D}\left(1-\sin\frac{\varepsilon}{2}\right)(W_1+\dots+W^{XV})$

$= 0,75\cdot\frac{0,2085}{6,5}\left(1-\sin.\frac{38^\circ}{2}\right) 2265,40 = 36,25$ ℔.

b) des leeren Seiltrums $\mathfrak{W}^{VIII} = 0,75\,\frac{\delta}{D}\left(1-\sin\varepsilon/2\right)\left(\mathfrak{P}-\right.$

$\left.(\mathfrak{P}'+\dots+\mathfrak{P}^{VII})\right) = 0,75\cdot\frac{0,2085}{6,5}\left(1-\sin.\frac{38^\circ}{2}\right)\cdot 2258,46 = 36,03$ ℔.

10) Die Zapfenfriction an der Leitscheibe:

a) vom vollen Seiltrum W^{V}. Der mittlere Druck auf den

Zapfen ist: $R = \sqrt{\left[(W_1+W_2\dots W^{V})^2 + g^2 + 2\left[g\cdot\sin\varepsilon + (W_1\dots+W^{V})\right.\right.}$

$\left.\left.\cos\varepsilon\right](W_1\dots+W^{V})\right] = \sqrt{\left[2.2301,65^2+400^2+2\left[400.\sin.38^\circ+2301,65.\cos.38\right]\right.}$

$\left.2301,65\right] = 4498,56.\ \mathfrak{W}^{V} = f\frac{2e}{D+\delta}.R = 0,3.\frac{2.0,0833}{6,5+0,2085}.4498,56$

$= 41,84$ ℔.

b) vom leeren Seiltrum: $\mathfrak{W}^{X}$. Der mittlere Druck auf den

Zapfen ist: $R' = \sqrt{\left[2\left(\mathfrak{P}-(\mathfrak{P}'\dots+\mathfrak{P}^{VIII})\right)^2+g^2+2g\left[g.\sin\varepsilon+\left(\mathfrak{P}-(\mathfrak{P}'\dots\right.\right.\right.}$

$\left.\left.\left.+\mathfrak{P}^{VIII})\right)\cos\varepsilon\right]\left(\mathfrak{P}-(\mathfrak{P}'\dots+\mathfrak{P}^{VIII})\right)\right] = \sqrt{\left[2.2222,43^2+400^2+2\left[400.\sin.38\right.\right.}$

$\left.\left.+2222,43.\cos.38^\circ\right]2222,43\right] = 4349,45.\ \mathfrak{W}^{X} = f\frac{2e}{D+\delta}.R'$

$= 0,3.\frac{2.0,0833}{6,5+0,2085}.\ 4349,45 = 40,42$ ℔.

Die Lastentfernung der vollen Tonne $= b''' = \frac{D+(2n-1)\delta}{2}$.

$n = -\frac{D}{2\delta} + \sqrt{\left(\frac{\frac{1}{\pi}F + 4m(D+\delta)}{l} + \left(\frac{D}{2\delta}\right)^2\right)} = -\frac{5,333}{2.0,2085} + \sqrt{\left(\frac{\frac{1}{3,141}\cdot\right.}$

$\left.\frac{1062,28\ +4(5,333+0,2085)}{1,666} + \left(\frac{5,333}{2.0,2085}\right)^2\right) = 6,3 = 7.$

$b''' = \frac{5,333+(2.7-1)0,2085}{2} = 4,022$ Fuß.

Die Lastentfernung der leeren Tonne $= b^{IV} = \frac{D+(2n'-1)\delta}{2}$.

$$n' = -\frac{\mathfrak{L}}{2\delta} + \sqrt{\left(\frac{\frac{1}{\pi}\cdot F + m'(\mathfrak{L}+\delta)}{\ell} + \left(\frac{\mathfrak{L}}{2\delta}\right)^2\right)} = -\frac{5{,}333}{2\cdot 0{,}2085} + \sqrt{\left[\frac{1}{3{,}141}\right.}$$

$$\left.\frac{232{,}72 + 4(5{,}330 + 0{,}2085)}{1{,}666} + \left(\frac{5{,}333}{2\cdot 0{,}2085}\right)^2\right) = 2{,}1 = 3. \text{ Lagen}$$

$$b^{IV} = \frac{5{,}333 + (2\cdot 3 - 1)\cdot 0{,}2085}{2} = 3{,}188 \text{ Fuß.}$$

11) Die Seilbiegung des vollen Seiltrums am Korbe

$$W^{VI} = 0{,}75\frac{\delta}{2b'''}(W^{I}\ldots W^{V}) = 0{,}75\frac{0{,}2085}{2\cdot 4{,}022}\cdot 2342{,}49 = 45{,}54 \text{ ℔.}$$

12) Die Zapfenfriction der zweiten Korbwelle W^{VIII}.

Es ist für $Z = W^{I} + \ldots + W^{VI} + 2G - (2G^{I} + \ldots + 2G^{IX}) = 4570{,}04$ ℔, also:

$$W^{VIII} = C\cdot\frac{\varrho}{b'''}\sqrt{\left[Z^2 + 2Z(G' + \tfrac{1}{2}S)\sin.\delta + (G' + \tfrac{1}{2}S)^2\right]} = \frac{0{,}3\cdot 0{,}4166}{4{,}022}$$

$$\sqrt{\left[4570{,}04^2 + 2\cdot 4570{,}04(9000 + \tfrac{1}{2}\cdot 2400)\sin.32^0 + \left(9000 + \frac{2400}{2}\right)^2\right]}$$

$= 472{,}65$ ℔.

Das gesammte Lastmoment bei diesem Stand ist also:

$$b'''W''' = b'''(W^{I} + \ldots + W^{VIII}) - b^{IV}\left[2G - (2G^{I} + \ldots + 2G^{IX})\right]$$

$$= 4{,}022\cdot 2860{,}68 - 3{,}188\cdot 2182{,}01 = 11505{,}65 - 6956{,}25$$

$= 4549{,}40$ Fuß℔.

<u>Berechnung des gesammten Widerstandsmomentes bei dem fünften Tonnenstande, wenn die volle Tonne in der Mitte zwischen dem ersten Bruche und dem Sturzhaken, die leere zwischen dem dritten Bruche und dem Tiefsten ist.</u>

Die einzelnen Widerstände sind:

1) das relative Gewicht

a) der vollen Tonne $W = (Z + M)\sin\alpha + \frac{L\sin.\alpha}{2}$

$= (468 + 1400)\sin.90^\circ + \frac{289,68}{2}\sin 90^\circ = 2012,84$ ℔.

b) der leeren Tonne: $W' = Z.\sin\alpha''' + S.\sin\alpha + S'.\sin\alpha'$

$+ S''.\sin\alpha'' + (S''' - S/2)\sin\alpha''' = 468.\sin 45^\circ + 289,68.\sin 90$

$+ 613,31\sin.58^\circ + (2012,95 - \frac{289,68}{2})\sin.45^\circ = 2768,37.$

2) Die Friction auf dem Tonnfach:

a) der vollen Tonne $= 0,00$, weil $\cos.\alpha = \cos.90^\circ = 0.$

b) der leeren Tonne $= \varphi'\cdot\rho''/\rho'\,[Z.\cos.\alpha''' + S.\cos.\alpha$

$+ S'.\cos.\alpha' + S''.\cos.\alpha'' + (S''' - S/2)\cos.\alpha'''] = 0,3\cdot\frac{0,031}{0,25}\,[468.\cos.$

$45^\circ + 289,68.\cos.90^\circ + 613,31.\cos.58^\circ + (2012,95 - \frac{289,68}{2})$

$\cos.45^\circ = 133,44$ ℔.

3) Die Seilbiegung an der untersten Treibscheibe

und zwar des leeren Treibens $= W'' = 0,75\,\delta/D'(1 - \cos.\eta/2)$

$(W - W') = 0,75\cdot\frac{0,2085}{2}(1 - \cos.7^\circ/2)\,2635,13 = 0,42$ ℔.

4) Die hierzu gehörige Zapfenfriction: W'''

Der mittlere Druck auf den Zapfen ist: $R' = \sqrt{[(W - W''$

$+ W''')^2 + G^2 + 2[G\sin\eta - (W - (W' + W'''))\cos.\eta](W - (W' + W''))]}$

$= \sqrt{[2.\,2634,71^2 + 160^2 + 2[160.\sin.7^\circ - 2634,71.\cos.7^\circ]\,2634,71]}$

$= 481,38.\; W''' = \varphi\frac{2\rho}{D'+\delta}R' = 0,3\cdot\frac{2.\,0,08333}{2+0,2085}\cdot 481,38 = 10,88$ ℔.

5) Die Seilbiegung an der mittelsten Treibscheibe:

und zwar des leeren Trumes: $\mathfrak{W}^{IV} = 0{,}75\,\frac{\delta}{\mathfrak{D}''}(1-\cos \eta''/2)$

$(\mathfrak{W}-(\mathfrak{W}'+\dots+\mathfrak{W}''')) = 0{,}75\,\frac{0{,}2085}{2{,}5}(1-\cos 60/2)\,2623{,}83 = 0{,}23$ ℔.

6) Die hierzu gehörige Zapfenfriction $\mathfrak{W}^V$. Der mittlere Druck auf den Zapfen $= \mathfrak{R}' = \sqrt{\left[2[\mathfrak{W}-(\mathfrak{W}'+\dots+\mathfrak{W}^{IV})]^2 + g''^2 + 2[g''\sin\eta'' - (\mathfrak{W}-(\mathfrak{W}'+\dots+\mathfrak{W}^{IV}))\cos\eta''](\mathfrak{W}-(\mathfrak{W}'+\dots+\mathfrak{W}^{IV}))\right]} = \sqrt{\left[2\cdot 2623{,}60^2 + 200^2 + 2[200\cdot\sin 60^\circ - 2623{,}60\cdot\cos 60^\circ]\,2623{,}60\right]} = 463{,}89$. $\mathfrak{W}^V = \frac{f\,2e}{\mathfrak{D}''+e}\cdot\mathfrak{R}' = 0{,}3\,\frac{2\cdot 0{,}0833}{2{,}5+0{,}2085}\cdot 463{,}89 =$ $7{,}87$ ℔.

7) Die Seilbiegung an der obersten Bremswelle, und zwar des leeren Trums $\mathfrak{W}^{VI} = 0{,}75\,\frac{\delta}{\mathfrak{D}'''}(1-\cos \eta'''/2)$ $(\mathfrak{W}-(\mathfrak{W}'+\dots+\mathfrak{W}^{V})) = 0{,}75\,\frac{0{,}2085}{1{,}25}(1-\cos 32^\circ/2)\cdot 2615{,}82 = 13{,}08$ ℔.

8) Die dazu gehörige Zapfenfriction $\mathfrak{W}^{VII}$. Der mittlere Druck auf den Zapfen ist: $\mathfrak{R}' = \sqrt{\left[2(\mathfrak{W}-(\mathfrak{W}'+\dots+\mathfrak{W}^{VI}))^2 + g'''^2 + 2[g'''\sin\eta''' - (\mathfrak{W}-(\mathfrak{W}'+\dots+\mathfrak{W}^{VI}))\cos\eta'''](\mathfrak{W}-(\mathfrak{W}'+\dots+\mathfrak{W}^{VI}))\right]}$ $= \sqrt{\left[2\cdot 2602{,}74^2 + 100^2 + 2[100\cdot\sin 32^\circ - 2602{,}74\cdot\cos 32^\circ]\,2602{,}74\right]}$ $= 1531{,}20$. $\mathfrak{W}^{VII} = \frac{f\,2e}{\mathfrak{D}'''+e}\cdot\mathfrak{R}' = 0{,}3\cdot\frac{2\cdot 0{,}0833}{1{,}25+0{,}2085}\cdot 1531{,}20 = 52{,}52$ ℔.

9) Die Seilbiegung an der Leitscheibe:

a) des vollen Trums $\mathfrak{W}'' = 0{,}75\,\frac{\delta}{D}(1-\sin\theta/2)(\mathfrak{W}+\mathfrak{W}')$ $= 0{,}75\cdot\frac{0{,}2085}{6{,}5}(1-\sin\frac{38^\circ}{2})\,2012{,}84 = 30{,}6$ ℔.

b) des leeren Trums $\mathfrak{W}^{VIII} = 0,75 \frac{\delta}{D}(1-\sin \varepsilon/2)\left(\mathfrak{W} - (\mathfrak{W}' + \ldots + \mathfrak{W}^{VII})\right) = 0,75 \cdot \frac{0,2085}{6,5}\left(1-\sin \frac{38^0}{2}\right) \cdot 2550,22 = 40,80$ ℔.

10) Die Zapfenfriction an der Seilscheibe:

a) am dem vollen Seiltrum W'''. Der mittlere Druck auf den Zapfen ist: $R = \sqrt{\left[2(W+W'+W'')^2 + g^2 + 2\left[g \cdot \sin \varepsilon + (W+W'+W'')\cos \varepsilon\right](W+W'+W'')\right]} = \sqrt{\left[2 \cdot 1943,45^2 + 400^2 + 2\left[400 \cdot \sin 38^0 + 1943,45 \cos 38^0\right] 1943,45\right]} = 3818,87$. $W''' = \varphi \frac{2e}{D+\delta} \cdot R = 0,3 \cdot \frac{2 \cdot 0,0833}{6,5+0,2085} \cdot 3818,87 = 35,31$.

b) vom leeren Seiltrum $\mathfrak{W}^{IX}$. Der mittlere Druck auf den Zapfen ist: $R' = \sqrt{\left[2\left(\mathfrak{W} - (\mathfrak{W}' + \ldots + \mathfrak{W}^{VIII})\right)^2 + g^2 + 2\left[g \cdot \sin \varepsilon + \left(\mathfrak{W} - (\mathfrak{W}' + \ldots + \mathfrak{W}^{VIII})\right)\cos \varepsilon\right]\left(\mathfrak{W} - (\mathfrak{W}' + \ldots + \mathfrak{W}^{VIII})\right)\right]}$
$= \sqrt{\left[2 \cdot 2509,42^2 + 400^2 + 2\left[400 \cdot \sin 38^0 + 2509,42 \cdot \cos 38^0\right] 2509,42\right]} = 4890,29$. $\mathfrak{W}^{IX} = \varphi \frac{2e}{D+\delta} \cdot R' = 0,3 \cdot \frac{2 \cdot 0,0833}{6,5+0,2085} \cdot 4890,29 = 45,48$.

Die Lastentfernung des vollen Trums ist $b'' = \frac{D+(2n-1)\delta}{2}$

$n = -\frac{D}{2\delta} + \sqrt{\left[\frac{1}{\pi} \cdot \frac{F^v + m'(D+\delta)}{l} + \left(\frac{D}{2\delta}\right)^2\right]} = -\frac{5,333}{2 \cdot 0,2085} + \sqrt{\left(\frac{1}{3,141} \cdot \frac{1238,88 + 4(5,333+0,2085)}{1,666} + \left(\frac{5,333}{2 \cdot 0,2085}\right)^2\right)} = 7,6 = 8$, daher $b'' = 4,230$.

Die Lastentfernung des leeren Seiltrums ist $b^v = \frac{D+(2n'-1)\delta}{2}$

$n' = -\frac{D}{2\delta} + \sqrt{\left(\frac{1}{\pi} \cdot \frac{F^v + m'(D+\delta)}{l} + \left(\frac{D}{2\delta}\right)^2\right)} = -\frac{5,333}{2 \cdot 0,2085} + \sqrt{\left(\frac{1}{3,141} \cdot \frac{36,52 + 4(5,333+0,2085)}{1,666} + \left(\frac{5,333}{2 \cdot 0,2085}\right)^2\right)} = 0,9 = 1$, daher $b^v = \frac{D+\delta}{2} = \frac{5,333+0,2085}{2} = 2,771$.

11) Die Seilbiegung des vollen Trums am Korbe $= W^{XV}$

$= 0{,}75 \frac{\delta}{2b''}(W + W' + W'' + W''') = 0{,}75 \frac{0{,}2085}{2 \cdot 4{,}230} \cdot 1978{,}96 = 36{,}55$ ℔.

12) Die Zapfenreibung der zweiten Korbwelle, W^{V}.

Es ist $Z = W + \dots + W^{IV} + 2A - (2A' + \dots + 2A^{IX}) = 4579{,}45$

$W^{V} = \frac{\varphi \cdot \varrho}{b^{V}}\left[Z^2 + 2Z\left(G' + \tfrac{1}{2}S'\right)\sin\delta + \left(G' + \tfrac{1}{2}S'\right)^2\right] = 0{,}3\,\frac{0{,}4166}{4{,}230}$

$\left[4579{,}45^2 + 2 \cdot 4479{,}45\left(9000 + \frac{2400}{2}\right)\sin 52^\circ + \left(9000 + \frac{2400}{2}\right)^2\right]$

$= \cancel{449{,}21}\ 449{,}21$ ℔.

Dann ist das gesammte Widerstandsmoment $= b'' \cdot W'''$

$= \cancel{4{,}23}\ b''(W + \dots + W^{V}) - b''(2A - (2A' + \dots + 2A^{IX}))$

$= 4{,}230 \cdot 2564{,}72 - 2{,}771 \cdot 2463{,}94 = 3961{,}96$.

<u>Berechnung des gesammten Widerstandsmoments bei dem 6ten Tonnenstande, wenn die volle Tonne am Stürzplatze, die leere im Tiefsten ist.</u>

Die Widerstände sind hier folgende:

1) das relative Gewicht

a) der vollen Tonne $= (Z + M)\sin\alpha = (468 + 1400)\sin 90^\circ$

1868,00 ℔.

b) der leeren Tonne $= A = Z \cdot \sin\alpha''' + S\sin\alpha + S'\sin\alpha'$

$+ S'' \sin\alpha'' + S'''\sin\alpha''' = 468 \cdot \sin 45^\circ + 289{,}68 \cdot \sin 90^\circ$

$+ 613{,}31 \cdot \sin 58^\circ + 402{,}14 \cdot \sin 52^\circ + 2012{,}95 \sin 45^\circ = 2870{,}99$ ℔.

2) Die Friction auf der Tonnenleitung

a) der vollen Tonne = $W' = 0,00$, weil $\cos.\alpha = \cos.90^\circ = 0$.

b) der leeren Tonne $= W' = (L.\cos.\alpha''' + S\cos.\alpha + S'.\cos\alpha' + S''.\cos.\alpha'' + S'''.\cos.\alpha''').\ \varphi'.\ \frac{\rho''}{\rho'} = 0,5.\frac{0,031}{0,25}(466.\cos.45^\circ + 289,66 + \cos.90^\circ + 613,31.\cos.58^\circ + 402,14.\cos.52^\circ + 2012,95\cos.45^\circ) = 139,56$ ℔.

3) Die Seilbiegung an der untersten Bruchwalze, und zwar des leeren Seiltrums $W'' = 0,75\frac{\delta}{D'}(1-\cos.\eta'/_2)(W-W') = 0,75\frac{0,2085}{2}(1-\cos.7^\circ/_2).2731,44 = 0,44$ ℔.

4) Die ~~[illegible]~~ dazu gehörige Zapfenfriction W'''. Der mittlere Druck auf den Zapfen ist $R' = \sqrt{[2(W-(W'+W''))^2 + G'^2 + 2[G'\sin\eta' - (W-(W'+W''))\cos.\eta'](W-(W'+W''))]} = \sqrt{[2.2731,00^2 + 160^2 + 2[160.\sin 7^\circ - 2731,00.\cos.7^\circ]2731,00]} = 502,25$. $W''' = \varphi.\frac{2\rho}{D'+\delta}.R' = 0,3\frac{2.0,0833}{2+0,2085}.502,25 = 11,35$ ℔.

5) Die Seilbiegung des leeren Seiltrums an der mittelsten Bruchwalze $W^{IV} = 0,75\frac{\delta}{D''}(1-\cos.\eta''/_2)(W-(W'+W''+W''')) = 0,75\frac{0,2085}{2,5}(1-\cos.6^\circ/_2).2719,65 = 0,24$ ℔.

6) Die Zapfenfriction an dieser Walze: W^{V}. Der mittlere Druck auf den Zapfen ist: $R'' = \sqrt{[[2(W-(W'+\dots+W^{IV}))^2 + G''^2 + 2[G''\sin\eta'' - (W-(W'+\dots+W^{IV}))\cos.\eta''](W-(W'+\dots W^{IV}))]]}$

$= \sqrt{\left[2 \cdot 2719{,}41^2 + 200^2 + 2\left[200 \sin 7^\circ - 2719{,}41 \cdot \cos 7^\circ\right] 2719{,}41\right]}$

$= 484{,}52$. $\mathfrak{W}^{V} = \varphi \frac{2\rho}{D''+\delta} \cdot R' = 0{,}3 \cdot \frac{2 \cdot 0{,}0833}{2{,}5+0{,}2085} \cdot 484{,}52 = 8{,}23$ ℔.

7) Die Seilabbiegung des leeren Trums an der obersten Druckwalze. ~~Der mittlere Druck auf die Zapfen ist. $R' = \sqrt{\left[2\left(\mathfrak{W} - (\mathfrak{W}' + \dots + \mathfrak{W}^{VI})\right)\right]^2 + g}$~~ $\mathfrak{W}^{VI} = 0{,}75 \frac{\delta}{D'''}\left(1 - \cos \frac{\eta'''}{2}\right)$ $\left(\mathfrak{W} - (\mathfrak{W}' + \dots + \mathfrak{W}^{V})\right) = 0{,}75 \frac{0{,}2085}{1{,}25}\left(1 - \cos \frac{32^\circ}{2}\right) \cdot 2711{,}18 = 13{,}56$ ℔.

8) Die Zapfenfriction an dieser Walze $= \mathfrak{W}^{VII}$. Der mittlere Druck auf den Zapfen ist: $R' = \sqrt{\left[2\left(\mathfrak{W} - (\mathfrak{W}' + \dots + \mathfrak{W}^{VI})\right)^2 + g'''^2 + 2\left[g''' \sin \eta''' - \left(\mathfrak{W} - (\mathfrak{W}' + \dots + \mathfrak{W}^{VI})\right) \cos \eta'''\right]\left(\mathfrak{W} - (\mathfrak{W}' + \dots + \mathfrak{W}^{VI})\right)\right]}$

$= \sqrt{\left[2 \cdot 2697{,}62^2 + 100^2 + 2\left[100 \cdot \sin 32^\circ - 2697{,}62 \cdot \cos 32^\circ\right] 2697{,}62\right]}$

$= 1583{,}50$. $\mathfrak{W}^{VII} = \varphi \frac{2\rho}{D'''+\delta} \cdot R' = 0{,}3 \cdot \frac{2 \cdot 0{,}0833}{1{,}25+0{,}2085} \cdot 1583{,}50 = 54{,}31$ ℔.

9) Die Seilabbiegung an der Göpelscheibe

a) des vollen Seiltrums: $W'' = 0{,}75 \frac{\delta}{D}\left(1 - \sin \frac{\varepsilon}{2}\right)(W + W')$

$= 0{,}75 \frac{0{,}2085}{6{,}5}\left(1 - \sin \frac{38^\circ}{2}\right) 1868{,}00 = 29{,}89$ ℔.

b) des leeren Seiltrums $\mathfrak{W}^{VIII} = 0{,}75 \frac{\delta}{D}\left(1 - \sin \frac{\varepsilon}{2}\right)\left(\mathfrak{W} - (\mathfrak{W}' + \dots \mathfrak{W}^{VII})\right) = 0{,}75 \frac{0{,}2085}{6{,}5}\left(1 - \sin \frac{38^\circ}{2}\right) \cdot 2643{,}31 = 42{,}29$ ℔.

10) Die Zapfenfriction an der Göpelscheibe.

a) vom vollen Seiltrum, W'''. Der mittlere Druck auf den Zapfen ist: $R = \sqrt{\left[2(W + W' + W'')^2 + g^2 + 2\left[g \sin \varepsilon + (W + W' + W'') \cdot \cos \varepsilon\right](W + W' + W'')\right]} = \sqrt{\left[2 \cdot 1897{,}89^2 + 400^2\right.}$

$+2\left[400 \cdot \sin. 38^\circ + 1897,89 \cdot \cos. 38^\circ\right] 1897,89 \Big] = 3738,38.$

$W''' = \varphi \cdot \frac{2\varrho}{d+\delta} \cdot R = 0,3 \cdot \frac{2 \cdot 0,08333}{6,5+0,2085} \cdot 3738,38 = 34,76$ lb.

Vom leeren Trume $\mathfrak{A}^{IX}$. Der mittlere Druck auf den Zapfen ist $R' = \sqrt{\Big[2\left(\mathfrak{A} - (\mathfrak{A}' + \dots \mathfrak{A}^{VIII})\right)^2 + g^2 + 2\left[g \cdot \sin \varepsilon - \left(\mathfrak{A} - (\mathfrak{A}' + \mathfrak{A}'' + \dots + \mathfrak{A}^{VIII})\right) \cos. \varepsilon\right]\left(\mathfrak{A} - (\mathfrak{A}' + \dots + \mathfrak{A}^{VIII})\right)\Big]}$

$= \sqrt{\Big[2 \cdot 2601,02^2 + 400^2 + 2\left[400 \cdot \sin 38^\circ + 2601,02 \cdot \cos. 38^\circ\right] 2601,02\Big]}$

$= 5062,94.$ $\mathfrak{A}^{IX} = \varphi \cdot \frac{2\varrho}{d+\delta} \cdot R' = 0,3 \cdot \frac{2 \cdot 0,0833}{6,5 + 0,2085} \cdot 5062,94 = 47,09$ lb.

Die Lastentfernung des vollen Seiltrums ist $b' = b'' = 4,230$, die des leeren Seiltrums, $b^{VI} = b^{VII} = 2,771$ Fuß.

11) Die Seilbiegung des vollen Seiltrums am Korbe $W^{IV} = 0,75 \frac{\delta}{2b'}\left(W_I + \dots + W'''\right) = 0,75 \frac{0,2085}{2 \cdot 4,230} \cdot 1932,65 = 35,73$ lb.

12) Die Zapfenreibung der armirten Korbwelle, W^V. Es ist $Z = W_I + \dots + W^{IV} + \mathfrak{A} - (\mathfrak{A}' + \dots + \mathfrak{A}^{IX}) = 4522,31$; so ist $W^V = \frac{\varphi \cdot \varrho}{b'} \sqrt{\left[Z^2 + 2Z\left(G' + S/2\right) \sin \delta + \left(G' + S/2\right)^2\right]}$

$= 0,3 \cdot \frac{0,41666}{4,230} \sqrt{\Big[4522,31^2 + 2 \cdot 4522,31\left(9000 + \frac{2400}{2}\right) \sin 52^\circ$

$+ \left(9000 + \frac{2400}{2}\right)^2\Big]} = 447,94$ lb.

Das gesammte Lastmoment bei diesem Zusammenstande ist:

$b' \cdot W = b'\left(W_I + \dots + W^V\right) - b^{VI}\left(\mathfrak{A} - (\mathfrak{A}' + \dots + \mathfrak{A}^{IX})\right)$

$= 4,230 \cdot 2416,32 - 2,771 \cdot 2553,93 = 10221,83 - 6921,15$

$= 3300,18$ Fuß lb.

Bestimmung des Wirkungsgrades bei dem Treiben aus dem Tiefsten.

Bezeichnet H die ganze Teufe in Lachtern, m die Zahl der Seilumschläge, so ist die mittlere Lastentfernung, $b = 0{,}1591.\frac{F}{m}$. $m = n.\frac{H}{h} - m'$ $= 8.\frac{1{,}666}{0{,}2085} - 4 = 59{,}9 = 60$, also $b = 0{,}1591.\frac{1295}{60} = 3{,}43$ Fuß

Bezeichnet F die flache Teufe zwischen dem ersten und zweiten Tonnenstande, F' die flache Teufe zwischen dem zweiten und dritten Tonnenstande u.s.f., so ist die mittlere gesammte Last: $Q' =$

$$\frac{(b^{VI}.b^{VI}.W + b^{V}.b^{V}.W')F + (b^{V}.b^{V}.W' + b^{IV}.b^{IV}.W'')F' + (b^{IV}.b^{IV}.W'' + b'''.b'''.W''')F'' + (b'''.b'''.W''' + b''.b''.W'''')F''' + (b''.b''.W'''' + b'.b'.W''''')F^{IV}}{b\left[(b^{VI}+b^{V})F + (b^{V}+b^{IV})F' + (b^{IV}+b''')F'' + (b'''+b'')F''' + (b''+b')F^{IV}\right]}$$

$$= \frac{(2{,}771.12135{,}73 + 3{,}188.9183{,}56)392{,}77 + (3{,}188.9183{,}56 + 3{,}813.6008{,}00)471{,}36 + (3{,}813.6008{,}00 + 4{,}022.4549{,}40)198{,}25 + (4{,}022.4549{,}40 + 4{,}230.3961{,}96)176{,}19 + (4{,}230.3961{,}96 + 4{,}230.3300{,}18)56{,}53}{3{,}43\left[392{,}77(2{,}771+3{,}188) + 471{,}36(3{,}188+3{,}813) + 189{,}25(3{,}813+4{,}022) + 176{,}19(4{,}022+4{,}230) + 56{,}53(4{,}230+4{,}230)\right]}$$

$= 2117{,}43$ ℔.

Die Zapfenfriction der Radwelle ist $q = f.S/b\sqrt{\left[(G''+\tfrac{1}{2}S')^2 + 0{,}4(G''+\tfrac{1}{2}S')Q'.\sin\delta' + 0{,}04.Q'^2\right]} = 0{,}3.\frac{0{,}4166}{3{,}43}\sqrt{\left[(16000 + \frac{2400}{2})^2 + 0{,}4(16000+\frac{2400}{2})2117{,}43.\sin.90^\circ + 0{,}04(2117{,}43)^2\right]}$ $= 642{,}35$ ℔.

Die Friction an den Umfängen der Scheiben $= f q''$ $= f.S/b\sqrt{\left[S'^2 + 1{,}6\,S.Q'.\sin\delta' + 0{,}64\,Q'^2\right]} = 0{,}1.\frac{0{,}4166}{3{,}43}\sqrt{\left[2400^2 + 1{,}6.2400.2117{,}43\sin.90^\circ + 0{,}64.2117{,}43^2\right]} = 49{,}74$ ℔.

Die Trägheit der Kunstgestänge $= q'' = 0{,}002 \cdot S$

$= 0{,}002 \cdot 2400 = 4{,}80.$

Demnach ist die gesamte Last: $Q = Q' + q + q' + q'' = 2117{,}43 + 642{,}35 + 49{,}74 + 4{,}80 = 2814{,}32$ ℔. –

Der Vertheilungswinkel ist $\angle \beta \; \frac{360^\circ}{n} = \frac{360^\circ}{96} = 3^\circ{,}45'$.

Daher ist die Geschwindigkeit des in die erste Schaufel schlagenden Wassers (da hier eine Spannschützenvorrichtung ist):

$$c' = \sqrt{\left[7{,}13^2 \cdot h'^2 + 4 \cdot g \left[h + \frac{D}{2}\left(1 - \cos. m\beta\right)\right]\right]} = \sqrt{\left[7{,}13^2 \cdot 1{,}25 + 4 \cdot 17{,}377 \left[0{,}25 + \frac{40{,}5}{2}\left(1 - \cos. 3 \cdot (3^\circ, 45')\right)\right]\right]} = 15{,}77 \text{ Fuß}$$

Die Höhe des verschaufelnden Bogens findet man $H = \frac{D}{2}\left(\cos. m\beta + \sin. \tfrac{5}{8}\alpha\right)$.

$$\cot. \alpha = \cot. \beta - \frac{3D - 4b}{3D \cdot \sin\beta} = \cot. 3^\circ{,}45' - \frac{3 \cdot 40{,}5 - 4 \cdot 1}{3 \cdot 40{,}5 \cdot \sin 3^\circ 45'}$$

$= \cot. 71^\circ{,}53'$; daher die Höhe des verschaufelnden Bogens $= H = \frac{40{,}5}{2}\left(\cos. 3 \cdot 3^\circ{,}45' + \sin. \tfrac{5}{8} \cdot 71^\circ{,}33'\right)$

$= 34{,}16$ Fuß.

Nennt man der Kürze halber $B = \frac{b}{D'}\left(\frac{4 g b Q}{D' M \gamma} - c'\right)$,

$= \frac{3{,}43}{40{,}5}\left(\frac{4 \cdot 17{,}377 \cdot 3{,}43 \cdot 2814{,}32}{40{,}5 \cdot 3{,}33 \cdot 48{,}883} - 15{,}77\right) = 7{,}27$; und

$C = 2 g H \left(1 - \frac{2 b e}{D'}\right)\left(\frac{2b}{D'}\right)^2 = 2 \cdot 17{,}377 \cdot 34{,}16 \left(1 - \frac{2 \cdot 0{,}3 \cdot 0{,}4166}{40{,}5}\right)$

$\left(\frac{2 \cdot 3{,}43}{40{,}5}\right)^2 = 30{,}48$; so ist die mittlere Geschwindigkeit des vollen Rades $= v = -B + \sqrt{(C + B^2)}$

$= -7{,}27 + \sqrt{30{,}48 + (7{,}27)^2} = 1{,}86$ Fuß. Demnach ist die Zeit während welcher die volle Tonne aus der größten Förderteufe heraufgetrieben wird:

$t = \frac{F}{v} = \frac{1295}{1{,}86} = 696{,}2$ Secunden. Die Anzahl der Tonnen, welche aus dem Tiefsten in der Schichtzeit von 7 Stunden oder 25200 Secunden getrieben werden können ist daher $N = \frac{T}{t+t'}$

$= \frac{25200}{696+450} = 22{,}09$; nach der Treibetabellen $= 22$.

Der Wirkungsgrad bei dem Treiben aus dem Tiefsten ist: $\eta = \frac{H \cdot M}{H' \cdot M' \left(\frac{T}{N} - t'\right)\gamma} = \frac{862{,}48 \cdot 1400}{44 \cdot 3{,}33 \cdot \left(\frac{25200}{22} - 480\right) 48{,}883} = 0{,}2531 = 0{,}25.$

Berechnung des Wirkungsgrades bei dem Treiben aus der Teufe des ersten Bruches.

Das gesammte Widerstandsmoment ergiebt sich aus der Berechnung der Widerstände bei einem mittleren Tonnenstande, wenn sich beide Tonnen zwischen dem ersten und zweiten und zweiten Bruche begegnen.

Die Widerstände sind hier folgende:

Für die volle Tonne bleiben die Widerstände W, W', W'', W''', W^{IV} und dem wegen fünften Widerstandsmoment; für die leere Tonne erhält man:

1) das relative Gewicht der leeren Tonne: $\mathfrak{W} = Q. \sin\alpha + S/2 . \sin\alpha = 468. \sin. 90° + \frac{289,68}{2} . 90° = 612,84$ ℔.

2) Die Friction auf der Tonnenleitung $= \mathfrak{W}' = 0,00$, weil $\cos. \alpha = \cos. 90° = 0$.

3) Die Seilbiegung an der Göpelscheibe $= \mathfrak{W}''$ $= 0,75 \frac{\delta}{r} (1 - \sin. \varepsilon/2)(\mathfrak{W} - \mathfrak{W}') = 0,75 . \frac{0,2085}{6,5} (1 - \sin. 38°/2)$ $612,84 = 9,80$ ℔.

4) Die Zapfenfriction an der Göpelscheibe $= \mathfrak{W}'''$; Der mittlere Druck auf den Zapfen ist: $R = \sqrt{\left[2(\mathfrak{W} - (\mathfrak{W}' + \mathfrak{W}''))^2 + g^2 + 2\left[g. \sin\varepsilon + (\mathfrak{W} - (\mathfrak{W}' + \mathfrak{W}''))\cos.\varepsilon\right](\mathfrak{W} - (\mathfrak{W}' + \mathfrak{W}''))\right]}$ $= \sqrt{\left[2. 603,04^2 + 400^2 + 2\left[400. \sin. 38° + 603,04. \cos. 38°\right] 603,04\right]} = 1365,15.$

$\mathfrak{W}''' = \varphi . \frac{2\delta}{D+\delta} . R' = 0,3 . \frac{2. 0,2085}{6,5 + 0,2085} . 1365,15 = 12,70$ ℔.

Nennt man $Z = W + \ldots + W^{IV} + \mathfrak{W} - (\mathfrak{W}' + \ldots + \mathfrak{W}''')$ $= 2705,85$, so ist dann:

Die Seilbiegung der vollen Tonne am Korbe $= \mathfrak{W}^{V}$

$= Q\cdot\frac{\varrho}{b}\sqrt{\left[Z^2+2Z\left(G'+\frac{1}{2}S'\right)\sin\delta+\left(G'+\frac{1}{2}S'\right)^2\right]} = 0{,}3\cdot\frac{0{,}4166}{4{,}230}$

$\sqrt{\left[2705{,}85^2+2\cdot 2705{,}85\left(9000+\frac{2400}{2}\right)\sin 52^\circ+\left(9000+\frac{2400}{2}\right)^2\right]}$

$= 411{,}16$ ℔.

Die gesammte mittlere Last ist: $Q' = W' + \ldots + W^{V}$

$-\left[\mathfrak{A}-\left(\mathfrak{A}'+\ldots+\mathfrak{A}^{IV}\right)\right] = 2526{,}67 - 590{,}34 = 1936{,}33.$

Die Zapfenfriction der Radwelle ist $q = Q\frac{\varrho}{b}$

$\sqrt{\left[\left(G''+\frac{1}{2}S'\right)^2+0{,}4\left(G''+\frac{1}{2}S\right)Q'\sin\delta'+0{,}04\,Q'^2\right]} = 0{,}3\,\frac{0{,}4166}{4{,}230}$

$\sqrt{\left[\left(16000+\frac{2400}{2}\right)^2+0{,}4\left(16000+\frac{2400}{2}\right)1936{,}33\cdot\sin 90^\circ\right.}$

$\left.+0{,}04\cdot 1936{,}33^2\right] = 519{,}72$ ℔

Die Friction an den Umfängen der Warzen

$q' = Q\frac{\varrho}{b}\sqrt{\left[S^2+1{,}6\cdot S\,Q'\sin\delta'+0{,}64\,Q'^2\right]} = 0{,}1\cdot\frac{0{,}4166}{4{,}230}$

$\sqrt{\left[2400^2+1{,}6\cdot 2400\cdot 1936{,}33\cdot\sin 90^\circ+0{,}64\cdot 1936{,}33^2\right]} = 38{,}89$ ℔.

Die Trägheit der Kunststangen ist $q'' = 0{,}002\cdot S$

$= 0{,}002\cdot 2400 = 4{,}8$ ℔.

Die mittlere gesammte Last ist $Q = Q' + q + q' + q''$

$= 1936{,}33 + 519{,}72 + 38{,}89 + 4{,}80 = 2499{,}74$ ℔.

Da c' und H ihre Bedeutung behalten, so wird

hier: $B = \frac{b}{D'}\left(\frac{4g\cdot b\cdot Q}{D'\cdot Ny} - c'\right) = \frac{4{,}23}{40{,}5}\left(\frac{4\cdot 17{,}377\cdot 4{,}230}{40{,}5\cdot 3{,}33}\right.$

$\left.\frac{2499{,}74}{48{,}883} - 15{,}77\right) = 10{,}62$; und $C = 2gH\left(1-\frac{2\ell\varrho}{D'}\right)$

$\left(\frac{2b}{D'}\right)^2 = 2\cdot 17{,}377\cdot 34{,}16\left(1-\frac{2\cdot 0{,}3\cdot 0{,}4166}{40{,}5}\right)\left(\frac{2\cdot 4{,}230}{40{,}5}\right)^2 = 44{,}33.$

Daher ist hier die mittlere Geschwindigkeit der Tonne $= v = -B + \sqrt{(C + B^2)} = -10,62 + \sqrt{(44,33 + 10,62^2)}$ $= 1,91$, folglich die Zeit, in welcher sie durch die flache Förderteufe vom ersten Bruche weg $= f = 113,65$ Fuß gefördert wird:

$t = \frac{f}{v} = \frac{113,65}{1,91} = 59,72$ Secunden.

Bezeichnet h die Saigerteufe vom ersten Bruch bis zum Sturzkasten $= 113,65$ Fuß, so ist der Wirkungsgrad beim Treiben aus dieser Teufe:

$m'' = \frac{h M}{H' . My . t} = \frac{113,65 . 1400}{44 . 8,33 . 48,883 . 59,72} = 0,3691.$

Angabe eines allgemeinen Ausdruckes für den Wirkungsgrad.

Die Teufe zwischen beiden Puncten, von denen die Wirkungsgrade berechnet sind, ist $f = 169$ Lachter flache Teufe.

Die Abnahme des Wirkungsgrades beträgt auf 1 Lachter flache Teufe: $m' = \frac{m'' - m'}{f}$ $= \frac{0,3691 - 0,2531}{169} = 0,0006824.$ Der Wirkungsgrad am Sturzkasten, welcher 16 Lachter über dem ersten Bruche liegt, ist: $m'' = 0,3691$ $+ 16 . 0,0006824 = 0,3800.$

Daher ist allgemein der Sättigungsgrad bei F Lachter flacher Teufe unter der Stollnsohle:

$m = m'' - F . m' = 0{,}3800 - 0{,}0006824 . F$

Berechnet im Quartal Trinitatis 1831

von

Heinrich Schmidhuber.