# Berechnung

des

# Pferdegöpels von Jung Himmlisch Heer Fdgrb:

Gefertiget im Quartal Reminiscere 1832.

von

Friedrich Perl.

Ehe ich zu dem Gegenstand meiner Arbeit selbst übergehe, erlaube ich meine kurze Beschreibung des bei [illegible] stehenden Grubengebäude erbauten Pferdegöpels im Allgemeinen vorausgehen zu lassen, die Berechnung aber selbst, welche ich nach den in dem Vortrag über Bergmaschinenlehre vom Herrn Professor Hecht aufgestellten allgemeinen Formeln ausgeführt habe, werde ich sodann der Reihe nach, wie ich selbige gefunden, ausführen.

Jung Himmlisch Heer Fdgr. liegt in der Freiberger Bergamts und deren Brander Revierabtheilung, in Süd Ost der Stadt Freiberg, und einige hundert Schritte seitwärts von dem Grubengebäude Beschert Glück Fdgr, von welchem es ein Beilehn ist. Der auf dem Neuglücker stehenden Gange abgesunkene Kunst- und Treibeschacht, dessen tiefstes zur Zeit in dem Abteufen unter der 3t Gezeugstreckensohle ansteht, hat eine durchgängige Tonnlage von 80 Grad und ist mit der für die Förderung nöthigen Zimmerung versehen, welche, wie schon erwähnt, bei diesem Grubengebäude durch einen Pferdegöpel bewerkstelligt wird. Dieser Pferdegöpel, dessen spezielle Dimensions-Verhältnisse behufs der Rechnung weiter unten besonders benannt und aufgestellt sind, ist nach der in hiesiger Revier allgemein üblichen Manier ausgeführt u. besteht wesentlich aus 2 Haupttheilen der Göpelwelle nebst Korb u. dem Schwengel.

Die vertikalstehende Welle oder die Göpelwelle, befindet sich im Liegenden des Treibeschachtes; sie wird durch 2 Pferde, die bei dem Umlaufen in der Rennbahn am Schwengel ziehen, durch eine Umdrehung um ihre Axe in Bewegung gesetzt, durch welche auch zugleich der an ihrem obern End befestigte Korb mit umgedreht wird. Dieser cylindrische, aus starken Pfosten geschnittene Korb besteht aus zwei besonders vorgerichteten Theilen, welche man Seilkörbe heisst, auf welchen das belastete oder volle Seil, treten sich auf, das Seil sich aber abwickelt. Nahe um den Korb befinden sich horizontalliegende Kreuzbänder, welche um die Göpelwelle gelegt und von schräg gestellten Streben, welche in die Welle eingelassen sind, getragen werden; auf diesen Kreuzbändern ruhen die Korbscheiben und bilden zusammen den Korb.

Unterhalb des ersten Seilkorbes am obern Ende der Göpelwelle ist nun ein runder Baum Holz, der *Schwengel*, angebracht, der durch eine starke eiserne Schraube an selbige fest angezogen ist und mit derselben tiefer herab durch einen horizontalen Spannriegel verbunden, stets in geneigter Lage erhalten wird. An seinem untern starken Ende, welches horizontal abgeschnitten ist, ist er mit einer ebenfalls horizontalen und dicken hölzernen Scheibe versehen, unter welcher der Schemel mit daran angebrachter Deichsel sich befindet. Dieser Schemmel wird von einem durch den Schwengel und vorige Scheibe gehenden starken eisernen Bolzen, dem *Schwengelnagel*, getragen und läßt sich um selbigen drehen. Der Schwengelnagel ist der Angriffspunkt und Kraftpunkt der Maschine und seine horizontale Entfernung von der Axe der Göpelwelle ist die *mechanische Schwengellänge* des Pferdegöpels. Sie beträgt 24 Fuß, weil man sie kleiner nicht gern annimmt, indem man aus der Erfahrung weiß, daß die Pferde in Treibbahnen von solchen Halbmessern noch bequem und kraftvoll ziehen können. Die Länge der am Schwengel angebrachten Deichsel nebst der Schemellänge beträgt 14 Fuß und der 2 Fuß breite und 1/2 Fuß starke Schemmel steht 2 Fuß vom Schwengelnagel an der entgegengesetzten Seite der Deichsel hervor. Die Deichsel, welche 12 Fuß lang und 2½ Zoll stark, ist in einer Höhe von 3 Fuß über der Sohle der Treibbahn so angebracht, daß die angespannten Pferdestränge nur wenig gegen den Horizont geneigt sind.

Die hölzerne, 32 Fuß hohe Göpelwelle, ist durchgängig 2 Fuß ins Quadrat stark, an ihrem obern und untern Ende aber rund gearbeitet und mit einigen starken eisernen Ringen belegt. Außerdem ist sie an ihren beiden Enden noch mit eisernen Zapfen versehen, die mit ihren Schwänzen in sie eingelassen sind.
Der unterste dieser Zapfen, welcher der Stift heißt, ist aus geschmiedetem Eisen gefertiget u. an seinem unteren Ende verstählet. Er hat die Gestalt eines abgestumpften Kegels und läuft in einer Pfanne, welche aus einer gußeisernen Platte von 8 Zoll Länge 3 Zoll Breite und 2½ Zoll Stärke ist u. die in ihrer Mitte eine Vertiefung von 5/8 Zoll nach der Gestalt des Stiftes hat, in welche derselbe läuft. Diese Platte ist in einem Granitblock eingelassen, der auf einer Grundmauer ohngefähr 2 Fuß über die Sohle der Rennbahn hervorsteht.
Damit das vom Korbe gehende, so wie aufwickelnde Seiltrum seine gehörige Richtung in dem Treibeschachte beibehält, so wird es über 2, besonders gestellte, sogenannte Seilscheiben, geleitet und auch vom Korbe zwischen diesen Seilscheiben durch kleine Balanciers in einer Lage erhalten, die von der Horizontalebene um 4 Grad bald auf-, bald niederwärts abweicht. Die Seilscheiben haben große Ähnlichkeit mit den Wagenrädern, nur daß sie an ihrem Umfange, wegen des sich einlegenden Seiles eine, diesem ähnliche, Rinne haben und ihre mit Zapfen oder Welzeisen versehenen Naben massiv sind. Diese Naben sind 1½ Fuß breit, 1⅓ Fuß in der Mitte stark, u. an ihren beiden Enden, wo die mit Schwänzen versehenen geschmiedeten Welzeisen in ihnen eingelassen sind, mit eisernen Ringen beschlagen. Diese Scheiben nebst Zarchen, welche aus Eichenholz gefertiget sind, die man jedoch in neuerer Zeit auch aus Gußeisen herstellt, ruhen mit ihren Welzeisen in eisernen Pfannen oder Zapfenlagern u. es kann das Gewicht einer solchen armirten Seilscheibe zu ohngefähr 400 Pfund annehmen, wogegen das Gewicht der armirten Göpelwelle nebst Korb und aufliegendem Seil zu 9900 Pfund, da man bei 24 Fuß hohen Göpelwellen es zu 9000 Pfund annimmt.
Da jedem Seiltrum am Korbe eine Seilscheibe zugehört, so liegen diese,

halb die Scheiben in verschiedenen Höhen über der Treibeschachte, jedoch so, daß die Mitte des Seilschachtes am Korbe und der Scheitel der zugehörigen Scheibe in einer horizontalen oder söhligen Ebene liegt, welche Ebene die horizontale Seilebene genannt wird. Die Entfernung der beiden horizontalen Seilebenen unter einander ist daher die, um welche die Mittel der beiden Seilkörbe unter einander liegen. Da aber bei flachen Schächten die Seilebenen nie vertikale, sondern stets gegen den Horizont geneigte Ebenen sind, welche, befindet sich die Göpelwelle im Liegenden, wie dieses gewöhnlich der Fall, nach dem Treibeschachte hin convergiren, so muß ihre Lage gegen den Horizont bei der Anlage eines Pferdegöpels zuvor genau ermittelt und bestimmt werden, welches sowohl durch Rechnung als Construction geschehen kann, weil hierdurch der Nutzeffekt der Maschine nicht wenig kann vermehrt oder vermindert werden.

Damit bei vorfallender, plötzlich entstehender Uebermacht, wenn z. B. das Seil reißt u. die Tonne in den Schacht hineingeht, der Korb samt Schwengel sich nicht gählings drehen kann und allen Nachtheil, der dadurch für das Zeugwerk und den dabei beschäftigten Personen erwächst zu verhüten, so ist in der Nähe des Korbes ein Arretir oder Bremswerk angebracht, welches zugleich von dem Treibemeister in Thätigkeit gesetzt werden kann. Dieses Bremswerk besteht aus 2, in geringer Entfernung vom Korbe an dessen Seiten liegenden hölzernen Balken, die nach der Peripherie des Korbkranzes ausgeschnitten sind u. durch eine gemeinschaftliche Bremsäule, die durch eine Hebelvorrichtung bewegt werden kann, an den Kranz des Korbes fest angepreßt werden, so daß der Korb sich entweder gar nicht, oder nur sehr langsam bewegen kann.

Außerdem ist noch eine zweite Hebelvorrichtung an den verlängerten Leitungsbalken der Tonnenleitung angebracht, welche von dem Treibemeister leicht bewegt werden kann und dazu dient, daß die volle Tonne leicht ausgestürzt werden kann. Den beweglichen Theil dieser Vorrichtung nennt man die Sturzhaken, welche eiserne Arme sind und die Tonne, ist sie über den Schachtkranz heraus, in den Schacht hineinzugehen verhindern und sie, giebt er ihr Seil, sich vermöge ihres Gewichtes von selbst zu stürzen nöthigen. Ist dieses geschehen u. die Tonne wieder angetrieben, so drückt der Treibemeister die Sturzhaken zurück und die Tonne geht ungehindert mit ihrer Leitung in den Schacht hinein.

Diese Treibetonnen, welche wie schon erwähnt, mit einer besondern Lehre, der Tonnenleitung gehen, sind, wie in hiesiger Revier durchgängig, von parallelepipedischer Gestalt, aus starken Brettern gefertiget, mit eisernen Leitenwalzen versehen und mit mehreren eisernen Bändern zur Seite und vorzüglich am Boden beschlagen. An ihrem obern Ende sind sie mit 2 kurzen Ketten versehen, die an den Seiten der Tonne befestiget sich in einem starken Ring vereinen um die Treibetonne mittelst der Schwengelkette an das Treibseil anschlagen zu können, welche erstere jedoch bei diesem Göpel noch ein 4 Lachter langes Stück eiserne Kette als Fortsatz hat, ehe das Treibseil angeschlagen ist. Den Inhalt einer solchen Treibetonne kann man zu 12 Kübel annehmen und deren Gewicht nach Verschiedenheit der Fördermasse: zu 12 Ctr. 50 Pfund bei einer Tonne Berge, zu 14 bis 15 Ctr. bei halbglänzigen Erz und 18 bis 20 Ctrn. bei derben Glanz.

Noch habe ich zu bemerken, daß der obere Theil der Göpelwelle so weit der Korb geht, um ihn vor dem Einfluß der Witterung zu schützen, mit einer leichten Bedachung umgeben ist, welche durch Balken und Sparrwerk mit dem Treibehause in Verbindung steht.

Nach dieser allgemeinen Beschreibung gehe ich zu der Berechnung selbst über indem ich noch vorerst die speciellen Dimensionsverhältnisse der einzelnen in der Rechnung vorkommenden Theile und deren Bezeichnung voraus gehen lasse. Es ist nämlich:

$a$ = 12 Ellen = 24 Fuß: die mechanische Schwengellänge

$D$ = 7 Ell = 14 Fuß: der Durchmesser des Korbes

$s$ = 6 Ell = 12 Fuß: die Länge der Deichsel vom Schwengelnagel bis Pferdebrust

$r'$ = $2\frac{1}{2}$ Zoll = 0,208 Fuß: Halbmesser des obern Zapfens an der Göpelwelle

$r''$ = $1\frac{3}{8}$ Zoll = 0,114 Fuß: der obere und größere Halbmesser der Pfanne worin der untere Zapfen oder der Stift läuft.

$r$ = $\frac{3}{4}$ Zoll = 0,0625 Fuß: der untere und kleinere Halbmesser derselben.

$h$ = $\frac{5}{8}$ Zoll = 0,052 Fuß: die Tiefe der Pfanne

$G$ = 9900 Pfund, das Gewicht der armierten Göpelwelle

$A$ = 16 Ell. = 32 Fuß: die ganze Höhe der Göpelwelle mit Einschluß des oberen und unteren Zapfens

$e$ = 5 Fuß 4 Zoll = 5,333 Fuß: Entfernung des Mittels zwischen beiden Seilkörben vom oberen Zapfen.

$d$ = 6½ Fuß: mechanischer Durchmesser einer Göpelscheibe von Körben zu Körben gemessen,

$\rho$ = 1½ Zoll = 0,125 Fuß: der Halbmesser der Zapfen an derselben

$g$ = 400 Pfund: das Gewicht einer Göpelscheibe

$\rho'$ = 2 Zoll = 0,166 Fuß: der Halbmesser der Seilwalzen an der Linie

$\rho''$ = 3/8 Zoll = 0,031 Fuß, der Halbmesser der Zapfen dieser Walzen

$Q$ = 12 Ctr 50 Pfund = 1370 Pfund, das Gewicht der Fördermasse

$L$ = 5¾ Ctr 4 Pfund = 636,5 Pfund, das Gewicht der leeren Tonne nebst Gehängekette.

$T$ = 104 Lachter = 728 Fuß: die flache Förderteufe von Sturzbühnen bis tiefsten Füllort

$\delta$ = 2 Zoll = 0,166 Fuß: die Stärke des Treibeseils

Bei dem Gewicht des Treibeseils muß noch besonders das 4 Lachter lange Stück eiserner Kette, welches den Fortsatz der Gehängekette bildet, und dessen Gewicht ich zu 120 Pfund annehmen kann, mit in Rechnung gebracht werden und es ist demnach das Gewicht des wirklichen Treibeseils auf die verbleibende Länge von 700 Fuß =

$$0,41 \cdot \delta^2 \cdot T = 0,41 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 700 = 1140 \text{ Pfund}$$

und daher das Gewicht des Treibeseils nebst Kettenstück auf die ganze Förderteufe =

$S$ = 1140 + 120 = 1260 Pfund.

$h$ = 21 Fuß, die mittlere flache Länge von den Seilscheiben bis zu den Sturzbühnen

$\sigma$ = 34,4 Pfund, das Gewicht des Treibeseils auf voriger Länge $h$

$l$ = 30 Zoll = 2,5 Fuß, die Höhe eines jeden Seilkorbes

$m'$ = 4, die Anzahl der Seilumschläge, die nach Überwälzung die Länge T auf jedem Seilkorbe liegen bleiben

$\alpha = 80°$, der Tonnenlage des Treibschachtes und der Neigung des gespannten Seiltrums.

Da der auf dem Neuglücker Stehenden Gange abgesunkene Treibeschacht dieses Grubengebäudes seine Tonnenlage nicht verändert, so ist es hinlänglich, sämtliche statische Widerstände, welche bei der Treibung dieses Pferdegöpels vorkommen, für nachstehende 3 Tonnenstände zu berechnen, nämlich:

1tens, wenn die volle Tonne am Füllort, die leere am Stürzhaken ist,

2tens, wenn die Tonnen sich einander im Mittel der Förderteufe begegnen

3tens, wenn die volle Tonne am Stürzhaken, die leere am Füllort sich befindet.

Für jeden dieser Stände sind nun beim Austreiben der vollen und dem Hineingehen der leeren Tonne folgende Widerstände zu berechnen und folgen der Reihe nach so aufeinander:

A, __die eigentliche Last__, welche wir mit $W$ und $\mathfrak{W}$ bezeichnen d.i. das relative Gewicht der vereinten vollen und leeren Tonne;

B, __die Hindernißlast__, sie besteht

a, in der Seitenreibung der vollen und leeren Tonne auf der Leitung ($W'$ u. $\mathfrak{W}'$)

b, in der Seilbiegung an der Göpelscheibe ($W''$ u. $\mathfrak{W}''$)

c, in der Zapfenfriction an der Göpelscheibe ($W'''$ u. $\mathfrak{W}'''$)

d, in der Seilbiegung des vollen Seiltrums am Korbe ($W''''$)

e, in der Seitenreibung an den Zapfen der Göpelwelle ($W^{V}$)

f, in der Friction des unteren Zapfens der Welle in der Pfanne ($W^{VI}$)

und sind diese Widerstände sämtlich auf ihre jedesmaligen Lastentfernungen, die mit den verschiedenen Tonnenständen sich ändern, zu reduciren.

Es sei daher die Lastentfernung der vollen Tonne von der Axe der Göpelwelle:

b', wenn die volle Tonne am Stürzschachte

b'', wenn dieselbe im Mittel der Förderteufe und

b''', wenn dieselbe am tiefsten Füllort sich befindet.

und ebenso sei die Entfernung der leeren Tonne von der Axe der Göpelwelle,

b', wenn die leere Tonne am Stürzschachte,

b'', wenn dieselbe im Mittel der Förderteufe und

b''', wenn sie am tiefsten Füllort sich befindet

Um diese Seilentfernungen aber berechnen zu können, muß man vorher die Anzahl der Seilbedeckungen für den jedesmaligen Stand der Tonne wissen, welche man durch Rechnung auf diese Weise findet.

Wenn die volle Tonne am Stürzschachte ankommt, so ist die Anzahl der Seilbedeckungen =

$$n = -\frac{D'}{2\delta} + \sqrt{\left[\frac{\frac{1}{\pi}.T + m'(D+\delta)}{l} + \left(\frac{D}{2\delta}\right)^2\right]}$$

$$= -\frac{14}{2.0,166} + \sqrt{\left[\frac{\frac{1}{3,141}.723 + 4(14+0,166)}{2,5} + \left(\frac{14}{2.0,166}\right)^2\right]}$$

$$= -42,168 + \sqrt{[115,267 + 1778,140]}$$

$$= -42,168 + \sqrt{1893,407}$$

$$= -42,168 + 43,513$$

$$= 1,345$$

und daher die Seilentfernung für diesen Stand der Tonne, wo man für n = 1,345 den Werth = 2 in Rechnung bringen muß, weil das Seil sich die eine Hälfte schon das 2te mal über sich selbst aufzuwinden angefangen hat =

$$b' = \frac{D' + (2n-1)\delta}{2} = \frac{14 + (2.2-1)\,0,166}{2}$$

$$= \frac{14 + 0,498}{2} = 7,249 \text{ Fuß} = b'.$$

Die Seilentfernung, wenn die Tonne im Mittel der Förderteufe ist, wo die Anzahl der Seilbedeckungen =

$$n' = -\frac{D}{2\delta} + \sqrt{\left[\frac{\frac{1}{\pi}.2J + m(D+\delta)}{l} + \left(\frac{D}{2\delta}\right)^2\right]}$$

$$= -\frac{14}{2.0,166} + \sqrt{\left[\frac{\frac{1}{3,141}.\frac{1}{2}.728 + 4(14+0,166)}{2,5} + \left(\frac{14}{2.0,166}\right)^2\right]}$$

$$= -42,168 + \sqrt{[68,966 + 1778,140]}$$

$$= -42,168 + \sqrt{1847,106}$$

$$= -42,168 + 42,978$$

$= 0,810$ wofür man 1 setzen muss,

ist daher: $b'' = \frac{D + (2n'-1)\delta}{2} = \frac{14 + (2.1-1)0,166}{2} = \frac{14 + 1.0,166}{2}$

$= 7,083$ Fuss $= b''$

und die Lastentfernung, wenn die Tonne im [illegible] ankommt, wo $n = n' = 1$, ist:

$$b''' = \frac{D+\delta}{2} = \frac{14 + 0,166}{2} = 7,083 \text{ Fuss} = b'''$$

## I. Berechnung der gesammten Widerstände bei dem ersten Stand der Tonne.

Befindet sich die volle Tonne am Füllort, so ist das relative Gewicht der armirten vollen Tonne; d.i.

$$W = (T + Sp + S + \gamma) \sin \alpha$$

$$= (636,5 + 1370 + 1260 + 34,4) \sin 80^\circ$$

$$= 3300,9 . \sin 80^\circ$$

$= 3250,75$ Pfund

und das relative Gewicht der armirten leeren Tonne am Stürzhalden, d.i.

$$W' = (T + \gamma) \sin \alpha$$

$$= (636,5 + 34,4) \sin 80^\circ$$

$$= 670,9 . \sin 80^\circ$$

$= 660,77$ Pfund

welche beiden Widerstände die eigentliche Last ausmachen.

Der Hindernisswiderstand, derselbe besteht

a, in der Friction der vollen Tonne auf der Leitung d. i.

$$\mathfrak{W}' = \varphi' \cdot \frac{\varrho''}{\varrho'} \left( T + Sch + S + \delta \right) \cos \alpha$$

wo wegen der Friction zwischen dem Umfang der Walzen und der Leitung $\varphi = 1/2$ gesetzt wird, also ist:

$$\mathfrak{W}' = 1/2 \cdot \frac{3/8}{2} \left( 636,5 + 1370 + 1260 + 34,4 \right) \cos 80^\circ$$

$$= 1/2 \cdot \frac{3}{16} \cdot 3300,9 \cdot \cos 80^\circ$$

$$= \frac{3 \cdot 3300,9 \cdot \cos 80^\circ}{32}$$

$= 53,737$ Pfund.

der leeren Tonne:

$$\mathfrak{W}' = \varphi' \cdot \frac{\varrho''}{\varrho'} \left( T + \delta \right) \cos \alpha$$

$$= 1/2 \cdot \frac{3/8}{2} \left( 636,5 + 34,4 \right) \cos 80^\circ$$

$$= 1/2 \cdot \frac{3}{16} \cdot 670,9 \cdot \cos 80^\circ$$

$$= \frac{3 \cdot 676,9 \cdot \cos 80^\circ}{32}$$

$= 10,922$ Pfund

b, in der Seilbiegung des vollen Seiltrums auf der Göpelscheibe d. i.:

$$\mathfrak{W}'' = 3/4 \cdot \frac{\delta}{\partial} \left( 1 - \cos \frac{\alpha}{2} \right) \left( \mathfrak{W} + \mathfrak{W}' \right)$$

$$= 3/4 \cdot \frac{2}{78} \left( 1 - \cos \frac{80^\circ}{2} \right) \left( 3250,75 + 53,73 \right)$$

$$= \frac{3}{2 \cdot 78} \left( 1 - \cos 40^\circ \right) \cdot 3304,48$$

$$= \frac{3}{156} \left( 1 - 0,766044 \right) \cdot 3304,48$$

$$= \frac{3 \cdot 0,23396 \cdot 3304,48}{156}$$

$= 14,863$ Pfund.

des leeren Seiltrums:

$$\mathfrak{W}'' = 3/4 \cdot \frac{\delta}{\partial} \left( 1 - \cos \frac{\alpha}{2} \right) \left( \mathfrak{W} - \mathfrak{W}' \right)$$

$$= 3/4 \cdot \frac{2}{78} \left( 1 - \cos 40^\circ \right) \left( 660,77 - 10,922 \right)$$

$$W'' = \frac{3}{2.78}\,(1 - 0{,}766044)\,649{,}848$$

$$= \frac{3 \cdot 0{,}23396 \cdot 649{,}848}{156}$$

$$= 3{,}680 \text{ Pfund.}$$

c, in der Zapfenfriktion an den Göpelscheiben,

Diese Zapfenfriktion hängt aber ab von der Spannung der Widerstände die nach der Richtung des Seiles hinwirken und von dem vertikalen Druck, den das Gewicht der Göpelscheiben verursacht.
Es ist daher der mittlere Druck, den der Zapfen der Seilscheibe erleidet, über welche das volle Seiltrum geleitet wird =

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

$$= \sqrt{\left[2(3250{,}75+53{,}737+14{,}863)^2 + 400^2 + 2\left[400 \cdot \sin 80^\circ - (3250{,}75+53{,}737+14{,}863)\cdot\cos 80^\circ\right]\cdot(3250{,}75+53{,}737+14{,}863)\right]}$$

$$= \sqrt{\left[2 \cdot 3319{,}35^2 + 400^2 + 2\left[400 \cdot \sin 80^\circ - 3319{,}35 \cdot \cos 80^\circ\right] \cdot 3319{,}35\right]}$$

$$= \sqrt{\left[22196107 + 2\,(393{,}927 - 576{,}40) \cdot 3319{,}35\right]}$$

$$= \sqrt{\left[22196107 - 1211380\right]} = \sqrt{20984727}$$

$$= 4580{,}909 \text{ Pfund}$$

und die auf die Seillinie reducirte Zapfenfriktion =

$$W''' = \varphi \cdot \frac{2 \cdot \varrho}{D + \delta} \cdot R$$

$$= 0{,}3 \cdot \frac{2 \cdot 0{,}125''}{6{,}5 + 0{,}166} \cdot 4580{,}909$$

$$= \frac{0{,}3 \cdot 0{,}25''}{6{,}666} \cdot 4580{,}909$$

$$= \frac{0{,}075}{6{,}666} \cdot 4580{,}909$$

$$= 51{,}536 \text{ Pfund}$$

wo hier, wegen Rückgängigkeit der Frictionscoefficient $\varphi = 0{,}3$ anzunehmen ist.

Ferner ist der mittlere Druck, den die Zapfen der Seilscheibe erleidet, über welche das leere Seiltrum geleitet wird =

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

$$= \sqrt{\left[2\left[660{,}77-(10{,}922+3{,}680)\right]^2 + 400^2 + 2\left[400 \sin 80^\circ - \left[660{,}77-(10{,}922+3{,}68)\right]\cos 80^\circ\right].\left[660{,}77-(10{,}922+3{,}68)\right]\right]}$$

$$= \sqrt{\left[2.646{,}168^2 + 400^2 + 2\left[400.\sin 80^\circ - 646{,}168 \cos 80^\circ\right].646{,}168\right]}$$

$$= \sqrt{\left[2.646{,}168^2 + 400^2 + 2\left[393{,}937 - 35{,}494\right].646{,}168\right]}$$

$$= \sqrt{\left[835066 + 160000 + 2.358{,}443.646{,}168\right]}$$

$$= \sqrt{\left[995066 + 463228{,}79\right]}$$

$$= \sqrt{1458294{,}79}$$

$= 1568{,}21$ Pfund

und daher die auf die Seilwelle reducirte Zapfenfriction

$$\mathfrak{W}''' = \varphi . \frac{2.\rho}{\mathfrak{D}+\delta} . \mathfrak{X}$$

$$= 0{,}3 . \frac{2.0{,}125}{6{,}5+0{,}166} . 1568{,}21$$

$$= \frac{0{,}3 . 0{,}25}{6{,}666} . 1568{,}21 = \frac{0{,}075 . 1568{,}21}{6{,}666}$$

$= 17{,}66$ Pfund.

d, in der Seilbiegung des vollen Seiltrums am Korbe, wo n die Anzahl Seilbiegungen bedeutet, welche bei diesem Ende des Trommelseiles stattfinden, und n = 1 zu setzen ist, wird ist

$$W^{IV} = 3/4 . \frac{\delta}{\mathfrak{D}+(2n-1)\delta} . (W+W'+W''+W''')$$

$$= 3/4 . \frac{2}{168+(2.1-1).2} . (3250{,}75 + 53{,}737 + 14{,}863 + 51{,}586)$$

$$= 3/4 . \frac{2}{168+2} . 3370{,}936 = \frac{3}{2.170} . 3370{,}936$$

$= 29{,}744$ Pfund

Setzt man der Kürze wegen die Summe der gefundenen Widerstände =

$$W + W' + W'' + W''' + W'''' + [\mathfrak{A} - (\mathfrak{A}' + \mathfrak{A}'' + \mathfrak{A}''')] = \rho \text{ d.i.:}$$

$$3250{,}75 + 33{,}737 + 14{,}863 + 51{,}386 + 29{,}744\,[660{,}77 - (10{,}922 + 3{,}68 + 17{,}66)] = \rho$$

$$3400{,}68 + 660{,}77 - 32{,}26 = \rho$$

$$3400{,}68 + 628{,}51 = \rho$$

$$4029{,}19 \text{ Pfund} = \rho$$

so ist:

e, die Seitenreibung der Zapfen an der Zügelwelle.

$$W^{v} = \frac{\varphi}{b'''.A} \cdot \left[r'(A-e) + \frac{r'+r}{2}.e\right]\rho$$

wo $b'''$ die Lastentfernung der vollen Daumen am Stellbrett = 7,083 Zoll setzen ist und

$$W^{v} = \frac{0{,}3}{7{,}083.32} \cdot \left[0{,}208(32-5{,}333) + \frac{0{,}114+0{,}0625}{2}.5{,}333\right]4029{,}19$$

$$= \frac{0{,}3}{226{,}65}.6{,}017.4029{,}19$$

$$= \frac{1{,}8051.4029{,}19}{226{,}65}$$

$$= 32{,}089 \text{ Pfund}$$

f, die Friction des Stiftes in der Pfanne ist =

$$W^{vi} = \frac{2.\varphi.r}{3\,b'''}.\rho, \text{ wo der mittlere Halbmesser}$$

oder
$$r = \left[\frac{(\dot{r}-r)(\dot{r}^3-r^3) + h(\dot{r}^2-r^2)r}{\dot{r}^2\sqrt{h^2+(\dot{r}-r)^2}} + \frac{r^3}{\dot{r}^2}\right]$$

$$= \left[\frac{(\frac{11}{8}-\frac{6}{8})((\frac{11}{8})^3-(\frac{6}{8})^3) + \frac{5}{8}((\frac{11}{8})^2-(\frac{6}{8})^2)\frac{6}{8}}{(\frac{11}{8})^2\sqrt{(\frac{5}{8})^2+(\frac{11}{8}-\frac{6}{8})^2}} + \left(\frac{8}{11}\right)^2.\left(\frac{6}{8}\right)^3\right]$$

$$= \frac{\frac{5}{8}.\frac{1331-216}{8^3} + \frac{30}{8.8}.\frac{121-36}{8.8}}{(\frac{11}{8})^2\sqrt{\frac{25}{8.8}+\frac{25}{8.8}}} + \frac{216}{968}$$

$$= \frac{5.1115 + 30.85}{121.8\sqrt{50}} + \frac{27}{121}$$

$$r = \frac{5575 + 2550}{968\sqrt{50}} + \frac{27}{121} = \frac{8125}{968\sqrt{50}} + 0,223$$

$$= 1,187 + 0,223$$

$$= 1,410 \text{ Zoll oder } 0,117 \text{ Fuß}$$

daher:
$$W^{vi} = \frac{2.\varphi.r}{3.b'''}.G = \frac{2.0,3.0,117}{3.\ 7,083}.9900$$

$$= \frac{0,6.0,117}{21,249}.9900 = \frac{0,0702}{21,249}.9900$$

$$= 32,706 \text{ Pfund}$$

Setzt man nun die algebraische Summe der sämmtlichen statischen Widerstandsmomente für diesen ersten Stand der Tonne einem einzigen Momente gleich, d. i.:

$$b'''.W = b'''(W + W' + W'' + W''' + W^{iv} + W^{v} + W^{vi}) - b'(\mathfrak{W} - (\mathfrak{W}' + \mathfrak{W}'' + \mathfrak{W}'''))$$

$$= 7,083(3250,75 + 53,73 + 14,86 + 51,58 + 29,74 + 32,09 + 32,70)$$
$$- 7,249[660,77 - (10,92 + 3,68 + 17,66)]$$

$$= 7,083.3464,07 - 7,249[660,77 - 32,26]$$

$$= 24530,31 - 7,249.628,51$$

$$= 24530,31 - 4556,07$$

$$= 19974,24 \text{ Pfund}$$

so ist dieses Widerstandsmoment das erste gesammte Widerstandsmoment der vollen Tonne.

## II. Berechnung der gesammten Widerstände bei dem 2ten Stand der Tonne.

Die Berechnung für diesen 2ten Tonnenstand weicht, da sämmtliche statische Widerstände ebenso auf einander folgen, von der vorhergehenden durchaus nicht ab und es besteht die eigentliche Last ebenso:

1tens aus dem relativen Gewicht der armierten vollen Tonne oder

$$W = (Q + S_p + \tfrac{1}{2} S + \delta) \sin \alpha$$

$$= (636{,}5 + 1370 + (630 + 34{,}4) \sin 80^\circ$$

$$= 2670{,}9 \sin 80^\circ$$

$$= 2630{,}32 \text{ Pfund}$$

2. aus dem Gewichte der armirten leeren Tonne d.i.

$$D = (Q + \tfrac{1}{2} S + \delta) \sin 80^\circ$$

$$= (636{,}5 + 630 + 34{,}4) \sin 80^\circ$$

$$= 1300{,}9 \cdot \sin 80^\circ$$

$$= 1281{,}13 \text{ Pfund.}$$

Ferner besteht die <u>Hindernißlast</u>:

a, in dem Seilrollenwiderstand der vollen Tonne =

$$W' = \varphi' \cdot \frac{\rho''}{\rho'} (Q + S_p + \tfrac{1}{2} S + \delta) \cos \alpha, \text{ wo } \varphi' = \tfrac{1}{2} \text{ zu setzen}$$

$$= \tfrac{1}{2} \cdot \frac{3/8}{2} (636{,}5 + 1370 + 630 + 34{,}4) \cos 80^\circ$$

$$= \frac{3}{32} \cdot 2670{,}9 \cdot \cos 80^\circ$$

$$= \frac{8012{,}7 \cdot \cos 80^\circ}{32}$$

$$= 43{,}48 \text{ Pfund}$$

und der leeren Tonne auf der Leitung d.i

$$D' = \varphi' \cdot \frac{\rho''}{\rho'} (Q + \tfrac{1}{2} S + \delta) \cos \alpha$$

$$= \tfrac{1}{2} \cdot \frac{3/8}{2} (636{,}5 + 630 + 34{,}4) \cos 80^\circ$$

$$= \frac{3}{2 \cdot 16} \cdot 1300{,}9 \cdot \cos 80^\circ$$

$$= \frac{3902{,}7 \cdot \cos 80^\circ}{32}$$

$$= 21{,}13 \text{ Pfund}$$

b, in der Seilbiegung des vollen Seiltrums an die Seil-
scheibe

$$W'' = \tfrac{3}{4} \cdot \frac{\delta}{\partial} \left(1 - \cos \frac{\alpha}{2}\right) (W + W')$$

$$W'' = \tfrac{3}{4}\cdot\frac{2}{78}\left(1 - \cos 40^\circ\right)\left(2630{,}32 + 43{,}48\right)$$

$$= \frac{3}{2\cdot 78}\left(1 - 0{,}766044\right) 2673{,}80$$

$$= \frac{3\cdot 0{,}233956\cdot 2673{,}80}{156}$$

$$= \frac{0{,}70188\cdot 2673{,}80}{156}$$

$$= 12{,}003 \text{ Pfund}$$

und des leeren Seiltrumms an der Göpelscheibe oder

$$\mathfrak{W}'' = \tfrac{3}{4}\cdot\frac{\delta}{D}\left(1 - \cos\frac{\alpha}{2}\right)\left(\mathfrak{W} - \mathfrak{W}'\right)$$

$$= \tfrac{3}{4}\cdot\frac{2}{78}\left(1 - \cos 40^\circ\right)\left(1281{,}13 - 21{,}18\right)$$

$$= \frac{3\cdot 0{,}233956\cdot 1259{,}95}{156}$$

$$= \frac{0{,}70188\cdot 1259{,}95}{156}$$

$$= 5{,}668 \text{ Pfund}$$

c, in der Zapfenfriktion an den Göpelscheiben

und es ist der mittlere Druck auf den Zapfen der Göpelscheibe über die das belastete Seiltrumm geleitet wird:

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

$$= \sqrt{\left[2(2630{,}32+43{,}48+12{,}00)^2 + 400^2 + 2\left[400\cdot\sin 80^\circ - (2630{,}32+43{,}48+12)\cos 80^\circ\right]\cdot(2630{,}32+43{,}48+12)\right]}$$

$$= \sqrt{\left[2\cdot 2685{,}80^2 + 400^2 + 2\left[400 \sin 80^\circ - 2685{,}80 \cos 80^\circ\right] 2685{,}8\right]}$$

$$= \sqrt{\left[14426840 + 160000 - 390572\right]}$$

$$= \sqrt{14196268}$$

$$= 3768{,}03 \text{ Pfund}$$

daher die auf die Seillinie reducirte Zapfenfriktion:

$$W''' = \varphi\cdot\frac{2\cdot\rho}{D+\delta}\cdot R$$

$$W''' = 0{,}3 \cdot \frac{2 \cdot 0{,}125}{6{,}5 + 0{,}166} \cdot 3768{,}03$$

$$= 0{,}3 \cdot \frac{0{,}25}{6{,}666} \cdot 3768{,}03$$

$$= \frac{0{,}075 \cdot 3768{,}03}{6{,}666}$$

$= 42{,}39$ Pfund

ferner der mittlere Druck auf den Zapfen der Göpelscheibe wenn die das leere Seiltrum gehoben wird

$$\mathfrak{X} = \sqrt{\left[2\left[\mathfrak{S} - (\mathfrak{S}' + \mathfrak{S}'')\right]^2 + g^2 + 2\left[g \cdot \sin\alpha - \left[\mathfrak{S} - (\mathfrak{S}' + \mathfrak{S}'')\right]\cos\alpha\right] \cdot \left[\mathfrak{S} - (\mathfrak{S}' + \mathfrak{S}'')\right]\right]}$$

$$= \sqrt{\left[2\left[1281{,}13 - (21{,}18 + 5{,}66)\right]^2 + 400^2 + 2\left[400 \sin 80^\circ - \left[1281{,}13 - (21{,}18 + 5{,}66)\right]\cos 80^\circ\right] \cdot \left[1281{,}13 - (21{,}18 + 5{,}66)\right]\right]}$$

$$= \sqrt{\left[2(1281{,}13 - 26{,}84)^2 + 400^2 + 2\left[400 \sin 80^\circ - (1281{,}13 - 26{,}84)\cos 80^\circ\right] \cdot (1281{,}13 - 26{,}84)\right]}$$

$$= \sqrt{\left[2 \cdot 1254{,}29^2 + 160000 + 2\left[400 \cdot \sin 80^\circ - 1254{,}29 \cdot \cos 80^\circ\right] \cdot 1254{,}29\right]}$$

$$= \sqrt{\left[3146330 + 160000 + 2 \cdot 176{,}037 \cdot 1254{,}29\right]}$$

$$= \sqrt{\left[3306330 + 441592\right]}$$

$$= \sqrt{3747922}$$

$= 1935{,}95$ Pfund

und daher die auf die Seillinie reducirte Zapfenreibung für das leere Seiltrum:

$$W''' = \varphi \cdot \frac{2 \cdot \rho}{d + \delta} \cdot \mathfrak{X}$$

$$= 0{,}3 \cdot \frac{2 \cdot 0{,}125}{6{,}5 + 0{,}166} \cdot 1935{,}95$$

$$= 0{,}3 \cdot \frac{0{,}25}{6{,}666} \cdot 1935{,}95$$

$$= \frac{0{,}075 \cdot 1935{,}95}{6{,}666}$$

$= 21{,}782$ Pfund

d, in der Seilesbiegung des vollen Seiltrums am Korbe oder

$$W^{IV} = \frac{3}{4} \cdot \frac{\delta}{\mathfrak{D} + (2n'-1)\delta} \cdot (W + W' + W'' + W''')$$

wo n' nach früherem = 0,810 = 1 zu setzen ist, u. daher:

$$W^{IV} = \frac{3}{4} \cdot \frac{2}{168 + (2.1-1)2} \cdot (2630,32 + 43,48 + 12,00 + 42,39)$$

$$= \frac{3}{4} \cdot \frac{2}{168+2} \cdot 2723,19$$

$$= \frac{3}{2.\ 170} \cdot 2723,19$$

$$= 24,072 \text{ Pfund}$$

Setzt man auch hier der Kürze wegen die Summe der gefundenen Widerstände =

$$W + W' + W'' + W''' + W^{IV} + [\mathfrak{W} - (\mathfrak{W}' + \mathfrak{W}'' + \mathfrak{W}''')] = \zeta \text{ d.i.}$$

$$\zeta = 2630,32 + 43,48 + 12,00 + 42,39 + 24,07 + [1281,13 - (21,18 + 5,66 + 21,78)]$$

$$= 2752,24 + 1232,48$$

$$= 3984,72 \text{ Pfund}$$

so ist:

e, der Zapfenreibung der Zapfen an der Göpelwelle oder

$$W^{V} = \frac{\varphi}{b''.\ A} \cdot \left[r'(A-e) + \frac{r'+r}{2} \cdot e\right] \zeta$$

wo für die Seilentfernung b'' der vollen Tonne im Mittel der Förderteufe = 7,083 zu setzen ist, daher

$$W^{V} = \frac{0,3}{7,083.\ 32} \cdot \left[0,208(32-5,333) + \frac{0,114+0,0625}{2} \cdot 5,33\right] 3984,72$$

$$= \frac{0,3.\ 6017}{226,65} \cdot 3984,72$$

$$= \frac{1,8051 \cdot 3984,72}{226,65}$$

$$= 31,735 \text{ Pfund}$$

f, in der Friction des untern Zapfenendes der Welle in der Pfanne wo r seinen vorigen Werth = 1,410 Zoll = 0,117 Fuß beibehält u. also

$$W'' = \frac{2.Q.r}{3.b''}.g = \frac{2.0{,}3.0{,}117}{3.7{,}083}.9900$$

$$= \frac{0{,}0702.9900}{21{,}249}$$

$$= 32{,}706 \text{ Pfund}$$

Setzt man nun die algebraische Summe der sämmtlichen statischen Widerstandsmomente für diesen zweiten Stand der Tonne einem einzigen Momente gleich d.i.

$$b''.W'' = b''(W+W'+W''+W'''+W''+W'+W'') - b''[3) - (3)'+3)''+3)''')]$$

$$= 7{,}083\,(2630{,}32 + 43{,}48 + 12 + 42{,}39 + 24{,}07 + 31{,}73 + 32{,}70)$$

$$- 7{,}083\,[1281{,}13 - (21{,}18 + 5{,}66 + 21{,}78)]$$

$$= 7{,}083.\,2815{,}25 - 7{,}083.\,1232{,}45$$

$$= 19940{,}60 - 8729{,}65$$

$$= 11210{,}95 \text{ Fuß Pfund}$$

so ist dieses Widerstandsmoment das 2te gesammte Widerstandsmoment der vollen Tonne.

## III. Berechnung der gesammten Widerstände bei dem 3ten Stand der Tonne.

Befindet sich die volle Tonne am Sturzhaken und ist die leere Tonne am Füllort angelangt, so bleibt die Berechnung der statischen Widerstände auch für diesen 3ten Stand der Tonne ganz die frühere, und es besteht die eigentliche Last

in dem relativen Gewicht der vermischten vollen Tonne d.i.

$$W = (T + M + \delta)\sin\alpha$$

$$= (636{,}5 + 1370 + 34{,}4)\sin 80^\circ$$

$$= 2040{,}9.\sin 80^\circ$$

$$= 2009{,}9 \text{ Pfund}$$

und in dem relativen Gewicht der vermehrten leeren Tonne d.i.

$$\mathfrak{W} = (Q + S + T) \sin\alpha$$

$$= (636{,}5 + 1260 + 34{,}4) \sin 80^\circ$$

$$= 1930{,}9 . \sin 80^\circ$$

$$= 1902{,}56 \text{ Pfund}$$

Ferner besteht die Hindernißlast:

a, in der Friction der vollen Tonne auf der Leitung oder

$$W' = \varphi \cdot \frac{\rho''}{\rho'} (Q + S + T) \cos\alpha$$

$$= \tfrac{1}{2} \cdot \frac{3/8}{2} (636{,}5 + 1370 + 34{,}4) \cos 80^\circ$$

$$= \frac{3}{32} \cdot 2040{,}9 \cos. 80^\circ$$

$$= \frac{6122{,}7 . \cos. 80^\circ}{32}$$

$$= 33{,}225 \text{ Pfund}$$

und in der Friction der leeren Tonne auf der Leitung oder

$$\mathfrak{W}' = \varphi \cdot \frac{\rho''}{\rho'} (Q + S + T) \cos\alpha$$

$$= \frac{3}{32} \cdot (636{,}5 + 1260 + 34{,}4) \cos 80^\circ$$

$$= \tfrac{3}{32} \cdot 1930{,}9 . \cos. 80^\circ$$

$$= \frac{5792{,}9 . \cos. 80^\circ}{32}$$

$$= 31{,}434 \text{ Pfund}$$

b, in der Seilesbiegung des vollen Seiltrums an der Göpelscheibe

$$W'' = \tfrac{3}{4} \cdot \frac{\delta}{\partial} \left(1 - \cos\frac{\alpha}{2}\right) \cdot (W + W')$$

$$= \tfrac{3}{4} \cdot \frac{2}{78} (1 - \cos 40^\circ) \cdot (2009{,}9 + 32{,}22)$$

$$= \frac{3 . 0{,}23396}{2 . 78} \cdot 2042{,}12$$

$$= \frac{0{,}70188 . 2042{,}12}{156}$$

$$= 9{,}188 \text{ Pfund}$$

so wie in der Seilesbiegung des leeren Seiltrums an der Göpelscheibe

$$\mathfrak{W}'' = \tfrac{3}{4} \cdot \frac{\delta}{\partial} \left(1 - \cos\frac{\alpha}{2}\right) (\mathfrak{W} - \mathfrak{W}')$$

$$= \tfrac{3}{4} \cdot \frac{2}{78} (1 - \cos 40^\circ)(1902{,}56 - 31{,}43)$$

$$W'' = \frac{0,70138 \cdot 1871,13}{156}$$

$$= 8,418 \text{ Pfund}$$

c, in der Zapfenfriktion an den Göpelscheiben

Der mittlere Druck, den der Zapfen der Göpelscheibe erleidet, über welche das belastete Seiltrum gelegt ist, ist daher =

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

$$= \sqrt{\left[2(2009,9+32,22+9,18)^2 + 400^2 + 2\left[400 \sin 80^\circ - (2009,9+32,22+9,18)\cos 80^\circ\right] \cdot (2009,9+32,22+9,18)\right]}$$

$$= \sqrt{\left[2 \cdot 2051,3^2 + 400^2 + 2\left[400 \sin 80^\circ - 2051,3 \cos 80^\circ\right] \cdot 2051,3\right]}$$

$$= \sqrt{\left[8415663 + 160000 + 2 \cdot 37,722 \cdot 2051,3\right]}$$

$$= \sqrt{(8575663 + 154758)}$$

$$= \sqrt{8730421}$$

$$= 2954,80 \text{ Pfund}$$

und daher die auf die Seillinie reducirte Zapfenfriktion

$$W''' = \varphi \cdot \frac{2 \cdot \rho}{\delta + \rho} \cdot R$$

$$= 0,3 \cdot \frac{2 \cdot 0,125}{6,5 + 0,166} \cdot 2954,8$$

$$= \frac{0,075 \cdot 2954,8}{6,666}$$

$$= 33,245 \text{ Pfund}$$

Ebenso ist der mittlere Druck auf den Zapfen der Seilscheibe, worüber das leere Seiltrum geht:

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

$$= \sqrt{\left[2\left[1902,56 - (31,43+9,18)\right]^2 + 400^2 + 2\left[400 \sin 80^\circ - \left[1902,56 - (31,43+9,18)\right]\cos 80^\circ\right] \left[1902,56 - (31,43+9,18)\right]\right]}$$

$$\mathfrak{R} = \sqrt{\left[2.(1862,72)^2 + 400^2 + 2\left[400 \sin 80^\circ - 1862,72 \cos 80^\circ\right] 1862,72\right]}$$

$$= \sqrt{\left[6939453 + 160000 + 2\left[393,927 - 323,458\right] 1862,72\right]}$$

$$= \sqrt{\left[7099453 + 2.70,469.1862,72\right]}$$

$$= \sqrt{7361981}$$

$$= 2713,3 \text{ Pfund}$$

und daher die auf die Welle reducirte Zapfenfriction

$$\mathfrak{Z})''' = \varphi . \frac{2.\rho}{D+\delta} . \mathfrak{R}$$

$$= 0,3 . \frac{2.0,125}{6,5+0,166} . 2713,3$$

$$= \frac{0,075 . 2713,3}{6,666}$$

$$= 30,527 \text{ Pfund}$$

d, in der Seilbiegung des vollen Seilkorbes am Korbe oder

$$W^{IV} = \tfrac{3}{4} . \frac{\delta}{D+(2n-1)\delta} . (W+W'+W''+W''')$$

wo n nach früherem = 1,345 = 2 zu setzen und daher

$$W^{IV} = \tfrac{3}{4} . \frac{2}{168+(2.2-1)\delta} . (2009,9+32,22+9,18+33,24)$$

$$= \frac{3}{2.168+6} . 2084,54$$

$$= \frac{3}{348} . 2084,54$$

$$= \frac{1.2084,54}{116}$$

$$= 17,970 \text{ Pfund}$$

Setzt man auch hier der Kürze wegen die Summe der gefundenen Widerstände d.i.

$$W + W' + W'' + W''' + W^{IV} + \left[\mathfrak{Z}) - (\mathfrak{Z})' + \mathfrak{Z})'' + \mathfrak{Z})''')\right] = Q \text{ d.i.}$$

$$Q = 2009,9 + 32,22 + 9,18 + 33,24 + 17,97 + \left[1902,56 - (31,43 + 8,41 + 30,52)\right]$$

$$= 2102,515 + 1902,56 - 70,36$$

$$= 2102,515 + 1832,20$$

$$= 3934,715$$

so erhält man:

e, die Axenreibung der Zapfen an der Göpelwelle

$$W^{v} = \frac{\varphi}{b'.A}\left[r'(A-e) + \frac{r'+r}{2}.e\right].\mathfrak{G}$$

wo nach dem früheren die Endentfernung der vollen Tonne vom Würz-punkten = $b' = 7{,}249$ zu setzen ist u. welchem

$$W^{v} = \frac{0{,}3}{7{,}249.32}\left[0{,}208(32-5{,}333) + \frac{0{,}114+0{,}0625}{2}.5{,}333\right]3934{,}71$$

$$= \frac{0.3.\;6{,}017}{231{,}96}.3934{,}71$$

$$= \frac{1{,}8051.\;3934{,}71}{231{,}96}$$

$= 30{,}614$ Pfund

f, in der Friction des untern Zapfens oder des Achsels in der Pfanne

wo $r$ seinen früheren Werth $= 1{,}410$ Zoll $= 0{,}117$ Fuß beibehält u. es ist:

$$W^{vi} = \frac{2.\varphi.r}{3.b'}.\mathfrak{G} = \frac{2.\;0{,}3.\;0{,}117}{3.\;7{,}249}.9900$$

$$= \frac{0{,}0702.\;9900}{21{,}747}$$

$= 30{,}662$ Pfund

Setzt man nun die algebraische Summe der sämmtlichen statischen Widerstandsmomente für diesen 3. Stand der Tonne einem einzigen Momente gleich d. i.

$$b'.W''' = b'(W+W'+W''+W'''+W^{iv}+W^{v}+W^{vi}) - b'''(\mathfrak{D}-(\mathfrak{D}'+\mathfrak{D}''+\mathfrak{D}'''))$$

$$= 7{,}249(2009{,}9+32{,}22+9{,}18+33{,}24+17{,}97+30{,}61+30{,}66)$$
$$-\,7{,}083[1902{,}56-(31{,}43+8{,}41+30{,}52)]$$

$$= 7{,}249.\;2163{,}79 - 7{,}083.\;1832{,}20$$

$$= 15685{,}3 - 12977{,}4$$

$= 2707{,}9$ Fußpfund,

so ist dieses Widerstandsmoment das 3. gesammte Widerstandsmoment der vollen Tonne.

Aus diesen berechneten drei Tonnenständen ergiebt sich nunmehr mittlere Lastwerth, wenn man die Summe dieser dreigefundenen Widerstandsmomente durch die Summe der zugehörigen Lastentfernungen dividirt, und es ist die mittlere gesammte Last daher

$$\text{I. } Q = \frac{b'''.W' + b''.W'' + b'.W'''}{b' + b'' + b'''}$$

$$= \frac{19974,24 + 11210,95 + 2707,9}{7,249 + 7,083 + 7,083}$$

$$= \frac{33893,09}{21,415}$$

$$= 1582,68 \text{ Pfund}$$

Weil hier nun die Pferde am Schwengel angespannt werden, so ist die auf den Kraftpunkt reducirte mittlere Last, d. i.

$$\text{II. } P = \frac{b'''.b'''.W' + b''.b''.W'' + b'.b'.W'''}{(b'+b''+b''')\left[\sqrt{(a^2 - \tfrac{1}{4}s^2)} - \tfrac{1}{2}(r+r')\varphi\right]}$$

$$= \frac{7,083.19974,24 + 7,083.11210,95 + 7,249.2707,9}{(7,249+7,083+7,083)\left[\sqrt{(24^2 - \tfrac{1}{4}12^2)} - \tfrac{1}{2}(0,114+0,0625)93\right]}$$

$$= \frac{141477,05 + 79407,14 + 19623,05}{21,415\sqrt{(540 - 0,026475)}}$$

$$= \frac{240507,24}{21,415.23,237} = \frac{240507,24}{497,60}$$

$$= 483,334 \text{ Pfund}$$

bei einer Kraftäusserung: $P = 483,334$ Pfund können die beiden an dem Schwengel angespannten Pferde eine Geschwindigkeit

$$v = c\left(1 - \sqrt{\frac{P}{n.\Pi}}\right)$$

ausüben, welche, da $c = 12$ Fuß und $\Pi = 420$ Pfund der Erfahrung gemäß zu setzen, sich wie folgt ergiebt:

$$v = 12\left(1 - \sqrt{\frac{483,334}{2.420}}\right)$$

$$= 12\left(1 - \sqrt{0,5753976}\right)$$

$$= 12(1 - 0,75854)$$

$$= 12.0,24146$$

$$= 2,8975 \text{ Fuß}$$

Es ist ferner die Anzahl Umgänge des Korbes, welche nöthig sind um die volle Tonne durch die flache Förderlänge zu treiben =

$$m = n \cdot \frac{l}{d} - m'$$

$$= 1,345 \cdot \frac{30}{2} - 4 = \frac{40,350}{2} - 4 = 20,175 - 4$$

$$= 16,175$$

Daher ist die Zeit, in welcher die volle Tonne durch obige Förderlänge gefördert werden =

$$t = \frac{2 \cdot a \cdot m \cdot \pi}{v}$$

$$= \frac{2 \cdot 24 \cdot 16,175 \cdot 3,1415}{2,897}$$

$$= 841,792 \text{ Secunden}$$

$$= 14,029 \text{ Minuten}$$

und die Anzahl Tonnen, welche in der Schichtzeit $T = 6$ Stunden $= 60 \cdot 6 = 360$ Minut. getrieben werden können $N$ =

$$N = \frac{T}{t + t'}$$

wo $t'$ = die jedesmalige Stillstandszeit der Maschine = 5 Minuten zu setzen ist, so ist daher:

$$N = \frac{360}{14,029 + 5} = \frac{360}{19,029}$$

$$= 18,918 = 19 \text{ Tonnen}$$

---

Zu Folge dieser Berechnung würde demnach für obige flache Förderlänge von 104 Lr = 728 Fuß der Wirkungsgrad des Pferdegöpels sich aus nachstehender allgemeinen Formel wie folgt berechnen lassen, wenn H die Seigerteufe von T und die andern Bezeichnungen ihre Bedeutung beibehalten und ist der Wirkungsgrad =

$$\mu' = \frac{0,15915 \cdot H \cdot M \cdot c^2}{a \cdot m \cdot n \cdot \Pi (c - v)^2}$$

$$= \frac{0,15915 \cdot 716,94 \cdot 1370 \cdot 12^2}{24 \cdot 16,39 \cdot 2 \cdot 426 (12 - 2,897)^2}$$

$$= \frac{0,15915 \cdot 716,94 \cdot 1376 \cdot 144}{24 \cdot 16,39 \cdot 2 \cdot 426 \cdot 9,103^2}$$

$$= 6,82186$$

Um nun die Abnahme des Wirkungsgrades bei diesem Pferdegöpel allgemein angeben zu können, so ist es nöthig denselben für eine 2te Förderteufe zu berechnen. Nimmt man daher vorige mittlere Förderteufe als größte Förderteufe an, setzt $F'' = 52$ Lachter $= 364$ Fuß, so ergeben sich aus der Berechnung der diesfallsigen statischen Widerstände für die nunmehrigen drei Hauptmomente ihre vergrößerten gesammten Widerstandsmomente als

$$b'''.W = 11210,95 \text{ Fuß-Pfund}$$

$$b''.W'' = 6538,67 \text{ Pfund}$$

$$b'.W''' = 2707,90 \text{ Pfund}$$

Daher ist die mittlere gesammte Last =

$$Q = 976,902 \text{ Pfund}$$

und der nöthige Kraftwerth =

$$P = 297,75 \text{ Pfund}$$

ferner die Geschwindigkeit der an dem Göpel angespannten Pferde, wenn alle Bezeichnungen ihre vorige Bedeutung beibehalten,

$$v = 12\left(1 - \sqrt{\frac{297,75}{2.420}}\right)$$

$$= 12(1 - 0,5953)$$

$$= 4,856 \text{ Fuß}$$

ferner die Anzahl Umgänge des Göpels welche nöthig sind um die volle Tonne durch die flache Förderteufe $F''$ zu treiben =

$$m = 12,15$$

und daher der Wirkungsgrad für diese Förderteufe, wenn auch hier $H$ die Seigerteufe von $F$ bedeutet, d.i.

$$\mu'' = \frac{0,1591 . H . Q . c^2}{a . m . n . \Pi (c - v)^2}$$

$$= \frac{0,1591 . 358,47 . 1376 . 12^2}{24 . 12,15 . 2 . 420 (12 - 4,856)^2}$$

$$= 0,90003$$

Da nun: $\mu''$ der Wirkungsgrad für die flache Teufe $F'' = 52$ Lachter,

$\mu'$ — — — — — — — $F = 104$ Lachter

u. $\mu'' > \mu'$ ist, so ist demnach die Abnahme des Wirkungsgrades auf 1 Lachter flache Teufe, wo $F$ u. $F''$ in Lachter ausgedrückt werden müssten, d.i. $\mathrm{I}.\ m = \dfrac{\mu'' - \mu'}{F' - F''} = \dfrac{0{,}90003 - 0{,}82186}{104 - 52}$

$= \dfrac{0{,}07817}{52} = 0{,}0015033$

Demzufolge ist nun der Wirkungsgrad am Körzhaken, d.i

$$\mathrm{II}\ \mu = \left\{ \begin{array}{l} \mu' + m \cdot F' = 0{,}82186 + 0{,}001503 \cdot 104 \\ \mu'' + m \cdot F'' = 0{,}90003 + 0{,}001503 \cdot 42 \end{array} \right\} = 0{,}97820$$

und daher die allgemeine Formel für den Wirkungsgrad dieses Pfer-
degöpels d.i

$$\mathrm{III}.\ \mu = 0{,}97820 - 0{,}0015033 \cdot F$$

wo F in Lachter ausgedrückt sein muß, und man nun den Wirkungs-
grad für jede beliebige flache Förderteufe angeben kann.