# Maschinenbau

Studien-Jahr 1860/61

Redtenbacher, Ferdinand

Karlsruhe, 1861

Maschinen zum Heben der Lasten

urn:nbn:de:bsz:31-278567

Es ist für $V = 0$, $L = 0$ $\left\{ P = 4 \text{ Pf.} \right.$

Dies Alles ist nur für Tagelohnarbeit zu gebrauchen. Ist die Arbeit sehr anregend oder leidenschaftlich, z. B. bei Lohnmannschaften, so steigern die Leistungen sich in's Colossale, wogegen später auch nur so größere Ruhe eintreten muß.

Bei den Thieren, besonders bei Pferden ist die Leistung am größten, wenn sie ohne Maschine arbeiten, langsam fortschreiten, also blos einen Zug ausüben.

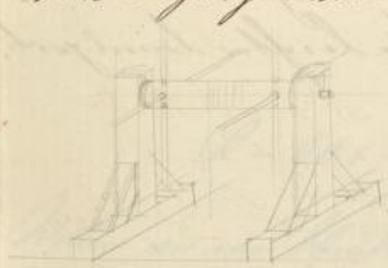
Es ist für $P = 56$, $W = 12$.

Menschen leisten mehr bei schnellerer Bewegung. Wir kommen nun zunächst zu den

# Maschinen zum Heben der Lasten.

insbesondere solche, welche durch Menschen bewegt werden.

1. Der Haspel und zwar mit horizontal liegender Welle.



Sie können entweder Kurbeln zu beiden Seiten der Welle angebracht sein, oder auch blos Hebel durch die Welle gesteckt sein, so daß 4 Arbeiter in Thätigkeit sind.

2. Der Kurbelhaspel ist eine ähnliche Anordnung, wie der erstere Haspel, nur sind hier Kurbeln an den beiden Enden der Wellzapfen angebracht, die Kurbeln selbst unter 90° gestellt. Der Kurbel gibt man vom Lasten eine Länge von 36 – 40 cm.

3. Der Trommelbaum besteht hauptsächlich aus einer vertikal stehenden Welle, in welche 2 Arme eingestellt sind und die so nach der Zahl der Arbeiter verlängert werden können. Die Anwendung für den Träger ist hier sehr vortheilhaft indem derselbe in seiner normalen Lage bleibt.

4. Der Fadenwinde, ebenfalls eine sehr gute Vorrichtung und ähnlich construirt, wie die vorhergehende, wird hauptsächlich bei Vorzeichnungen etc. angewendet.

5. Der Spannwinde dient zum Heben größerer Lasten und unterscheidet sich von andern dadurch, daß die Welle nicht einerlei Durchmesser hat, sondern die Durchm. der beiden Wellenhälften verschieden groß sind.

Zu Lastwerken 9 b, da öfters ein Fallenlassen der Lasten bei Lehrlingen nöthig ist und also das Heben der Lehrlinge rasch vor sich gehen muß, wendet man entweder das Spillwerk, Haspel oder auch das Laufrad an, wobei eine größere Anzahl Arbeiter thätig sein kann.

Alle diese Hebeconstructionen müssen leicht aus einander genommen werden können, um sie leichter transportiren zu können.

# Eiserne Winden.

Werden angewendet um größere Lasten zu heben. Hängen wir eine Last Q an und ist W der Halbmesser der Wellwelle, R Halbmesser des grös. Rades, r des kleineren Rades k die Kurbellänge, S Halbm. der Lastrolle, l u. L die Längen der Tretthebels, ferner sei P der mittlere Betrag des Druckes mit welchem auf beide Kurbeln eingewirkt wird, so haben wir:


$$Q = \frac{R}{W}\,\frac{k}{l} = P, \text{ und}$$

$$Q = P \cdot \frac{k}{W} \times \frac{R}{l}$$

Fragen wir nach der Wegeinrichtung einer Winde, so richtet sich dieselbe nach den Umständen und der Anzahl der Arbeiter.

Im Ganzen können bei einer solchen Winde 4 Arbeiter beschäftigt werden und der Druck für 1 Arbeiter zu 16 Kilogr. angenommen werden

Es ist also P für 64 Kilg.

$k = 40$

$W = 12$

$\frac{R}{l} = 6$

$$Q = 64 \times \frac{40}{12} \times 6 = 64 \times 20 = 1280 \text{ Kilg.} = 25 \text{ Ctr.}$$

Wollen wir eine Winde construiren für eine Wegeinrichtung

von 25 Ctr, so wird dieselbe schon ziemlich starke Dimensionen erhalten. Wir erhalten für den

Durchmesser der Welle - - - = 4 cm

Torsionsmoment der Welle - - - = 1280 × 12 = 15360

Durchm. der Seilmittellinie - - - - = 7·2 cm.

Halbm. R - - - - - - - - - - = 2 × 7·2 = 50·4

Halbmesser von r - - - - - - - - = $\frac{50}{6}$ = 8⅓.

$\beta$ = 1·122 × 7·2 = 8 cm

Torsionsmoment der Axe - - - = 40 × 64 = 2560


$$Ts = Qw + ts$$

Wird die Spannungen T und t gerade so groß, daß ein Gleitsen der Seile nicht stattfinden kann, so besteht ein gewisses Verhältniß zwischen T und t.

$$T = te^{s\frac{\sigma}{\rho}}$$

$$tsl^{f\frac{\sigma}{\rho}} = Qw + ts$$

$$t = \frac{Q\frac{w}{s}}{e^{f\frac{\sigma}{\rho}} - 1}$$

$$p\frac{L}{l} = \frac{Q\frac{w}{s}}{e^{f\frac{\sigma}{\rho}} - 1}$$

$$p = \frac{Q\frac{l}{L}\frac{w}{s}}{e^{f\frac{\sigma}{\rho}} - 1}$$

Halbmesser der Treibrolle $\rho = \frac{Q\frac{l}{L}w}{e^{f\frac{\sigma}{\rho}} - 1}$

Nimmt man $Q = 1280$ Kilg an

$$\frac{d}{L} = \frac{1}{6}$$

$$\frac{\sigma}{\rho} = \frac{\frac{1}{3} 2\rho\pi}{\rho} ; \frac{\sigma}{\rho} = \frac{4}{3}\pi$$

$$W = 12$$

$$f = 1/5$$

$$f\frac{\sigma}{\rho} = \frac{1}{5} \times \frac{4}{3} \times 3{\cdot}142 = \frac{13}{15} = 1$$

$$e^{f\frac{\sigma}{\rho}} = (2 \times f18)^{\frac{1}{}} = 2{\cdot}72$$

Nimmt man $\rho = 36^{cm}$

$$p = \frac{1280 \times \frac{1}{6} \times \frac{12}{36}}{2{\cdot}72 - 1} = \frac{1280}{36} = 43 \text{ Kilo.}$$

Ist 43 zu viel, so nehme man $\rho$ etwas größer und nimmt $\frac{d}{L} = \frac{1}{8}$

$$Q = 1280$$

$$\frac{d}{L} = \frac{1}{8} \qquad p = \frac{1280 \times \frac{1}{8} \times \frac{12}{40}}{2{\cdot}72 - 1}$$

$$W = 12 \qquad p = 28 \text{ Kilg.}$$

$$f = \frac{1}{5}$$

$$\rho = 40$$

Nach den Spannungen $t$ u. $T$ kann man die Querschnitte des Leinenbandes und die Stärke der Zapfen berechnen

$$t = p\frac{L}{d} = 28 \times 8 = 216 \text{ Kilg.}$$

$$T = t e^{f\frac{\sigma}{\rho}} = 216 \cdot 2{\cdot}718$$

$$T = 587.$$

Nach t und der Länge L ist der ganze Winkelhebel zu construiren.
Das Gestell ist nach Gefühl zu verzeichnen.
Für größere Lasten sind Winden mit Uebersetzung anzufertigen, sonst bleibt Alles wie bei der ersteren Construction.


Die Kraft am Umfange von R ist

$$Q\frac{W}{R},\quad Q\frac{W}{r}\ \text{u.}\ Q\frac{W}{r'}$$

$$Q\frac{W}{R}\times\frac{r}{R_1}\times\frac{r_1}{k}=P$$

$$Q=P\left(\frac{R}{r}\right)\left(\frac{R_1}{r_1}\right)\left(\frac{k}{W}\right)$$

Nehmen wir für $P=64$,

$$\frac{R}{r}=6$$

$$\frac{R_1}{r_1}=5$$

$$\frac{k}{W}=\frac{40}{16}=\frac{5}{2}$$

$$Q=64\times6\times5\times\frac{5}{2}=64\times75$$

$$Q=4800\ \text{Kilg.}$$

Wir müssen für diese Winde eine Kette nehmen, da der Seildurchmesser (8 cm) zu stark wäre.

Durchmesser der Kettenzapfen — — — = 1·9 cm
Torsionsmoment der Axe d. Kettenrolle — — = 4800×16
= 76800
Durchmesser der Axe — — — — — — — = 12.

Halbmesser $R$ ---- $= 6 \times 12 = 72$.
$p$ für $R$ ------ $= 14{\cdot}54$ cm
Torsionsmoment der Axe für $r$ $= \frac{76800}{6} = 12800$
Durchmesser der Axe für $r$ $= 6{\cdot}6$
Halbmesser für $R_1$ ---- $= 6 \times 6{\cdot}6 = 39{\cdot}6 = 40$
$p$ für $R_1$ ------ $= 1{\cdot}22 \times 6{\cdot}6 = 8$.
Torsionsm. für die Kurbelzapfen $= 64 \times 40 = 2560$
Durchmesser der " " $= 14$ cm

$Q = 4800$ $\qquad p = \frac{4800 \times \frac{1}{3} \times \frac{1}{10}}{2{\cdot}718^{1{\cdot}6} - 1}$

$W = 16$

$\rho = 50$ $\qquad = 48$.

$\frac{d}{D} = \frac{1}{10}$

$f = \frac{1}{3}$

$\sigma = \frac{3}{4} \times 25\pi$

Besser ist es eine einfache leichte Winde mit Flaschenzug anzuwenden.
Die Länge der Ketten oder Seile richtet sich nach der Seillänge und diese nach der Hebungshöhe.
Friktionswinden bieten hier vortrefflichst ein Verbindung mit Flaschenzügen und finden namentlich ihre Anwendung in größeren Werkstätten um schwere Arbeitsstücke auf Arbeitsmaschinen zu bringen.
Durch die Spannungen $T$ u. $t$ soll Reibung erzeugt werden.

Es ist $T = t\, e^{f \frac{\sigma}{w}}$ (1.)

$\sigma$ ist der Winkel der Umspannungen, welche wir so groß als möglich machen können.

$P \frac{k}{r}$ ist die Kraft welche am Umfange von $r$ wirkt und so mit die Summe der Kräfte, die an beiden Umfängen wirken

$$P \frac{k}{r} \frac{R}{W} = P - k$$


$$k = P \frac{k}{r} \frac{R}{W} = P - P e^{-f \frac{\sigma}{W}}$$

$$= P \left(1 - e^{-f \frac{\sigma}{W}}\right)$$

$$P \frac{k}{W} \frac{R}{r} = P \left(1 - e^{-f \frac{\sigma}{W}}\right) \quad (2)$$

Aus den Gleichungen 1 u 2 ist $\sigma$ zu bestimmen

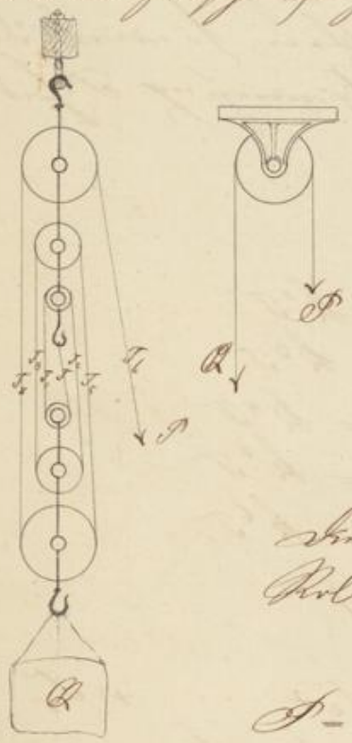
Für große Seildurchmesser muß die Anordnung so getroffen werden, daß die mittleren Seilrollenachsen so gegeneinander gestellt sind, daß das Seil gut gleitet und das Auf- und Abwickeln desselben gut von Statten geht; dies wird der Fall sein, wenn die Axen der beiden Seilrollen in einem Winkel zu einander stehen, es wird dann kein Abgleiten des Seiles vorkommen können, was immer heftige Erschütterungen in demselben verursachen würde.

Die Zeichnung ist für eine ideale, indem die Seildurchmesser in Wirklichkeit gleich groß sein müssen.

Zu Letztich sind drei Maschinen aufgestellt, u. zwar zu 80 Pfkft. für Rampen.

# Flaschenzüge.

Die eine obere Flasche ist fix an einem festen Punkte aufgehängt, während die untere mit der Last direkt in Verbindung ist.




Schlingen wir ein Seil um die so beiden Flaschen, abgesehen vorläufig von der Reibung, so ist die Spannung eines Seilstrickes 1/6 Q bei Anwendung von 2 Flaschen zu je 3 Rollen.

Die Kraft welche am Umfange der Rolle wirkt ist:

$$P = Q + (P+Q) f \frac{d}{D}$$

$$P = Q + (P+Q) f \frac{d}{D} + 0{\cdot}26 \frac{d^2}{D} Q$$

$$P\left(1 - f\frac{d}{D}\right) = Q\left[1 + f\frac{d}{D} + 0{\cdot}26\frac{d^2}{D}\right]$$

$$P = Q\,\frac{1 + f\frac{d}{D} + 0{\cdot}26\frac{d^2}{D}}{1 - f\frac{d}{D}}$$

$$P = Q\left[1 + f\frac{d}{D} + 0{\cdot}26\frac{d^2}{D}\right]\left[1 - f\frac{d}{D}\right]$$

$$P = Q\left[1 + 2f\frac{d}{D} + 0{\cdot}26\frac{d^2}{D}\right]$$

Setzen wir $1 + 2f\frac{d}{D} + 0{\cdot}26\frac{d^2}{D} = k$.

So haben wir $P = kQ$.

Wenden wir dies auf einen Flaschenzug an, und sei P allen Widerständen gemessen, ferner seien alle Zapfen und Rollen durchmesser gleich; dann jede Flaschenzüge haben immer nebeneinander liegende Rollen, so wird das im, vorigen Seil eine gewisse Spannung T haben. Und es wird sein:

$$T = T$$
$$T_1 = kT$$
$$T_2 = kT_1 = k^2T$$
$$T_3 = kT_2 = k^3T$$
$$T_4 = kT_3 = k^4T$$
$$T_5 = kT_4 = k^5T$$
$$P = T_6 = kT_5 = k^6T.$$
$$P = Tk^{2n} \quad (1)$$

Nun ist aber $Q = T + T_1 + T_2 + \dots + T_5$

$$Q = T(1 + k + k_2 + k_3 + \dots + k_5)$$
$$Q = T(1 + k + k^2 + \dots + k^{2n-1})$$
$$Q = \frac{Tk^{2n} - 1}{k - 1} \quad (2)$$
$$Q = P\frac{k^{2n} - 1}{k^{2n}(k-1)} \quad (3)$$
$$T = \frac{P}{k^{2n}} \quad (4)$$
$$\frac{Q}{2nP} = \frac{k^{2n} - 1}{2nk^{2n}(k-1)} \quad (5)$$

$\frac{Q}{2nP}$ ist das Güteverhältniß. Je mehr sich dieser Quotient der Einheit nähert, desto günstiger wird dasselbe.

Das Güteverhältniß nimmt ab mit der Anzahl der Rollen.

Nehmen wir z. B. $P = 100$ Kilg.

$$n = 3$$

$$\frac{Qz}{2nP} = 0{\cdot}63$$

$$Q = 0{\cdot}63 \times 2nP$$

$$Q = 0{\cdot}63 \times 600 = 378.$$

| | Güteverhältnisse. | | |
|---|---|---|---|
| $n$ | $k = 1{\cdot}05$ | $k = 1{\cdot}10$ | $k = 1{\cdot}15$ |
| 2 | 0·88 | 0·79 | 0·75 |
| 3 | 0·85 | 0·73 | 0·63 |
| 4 | 0·81 | 0·66 | 0·56 |

Der Flaschenzug kann nun für sich allein oder auch in Verbindung mit Winden, Kranen etc. in Anwendung gebracht werden.

Seile wendet man hier an bis zu einem Durchmesser von 5 Centimeter.

Wird die Last größer, so müssen Ketten gewunden werden und die Rollen auch denselben bearbeitet werden. Der Ring muß in den Angriffspunkt der Resultir. der 3 Kraftgrößen gesetzt werden, also auf die Seite, sonst wird der Flasche in Lagen auf die Seitenfläche eine schiefe Lage einnehmen.

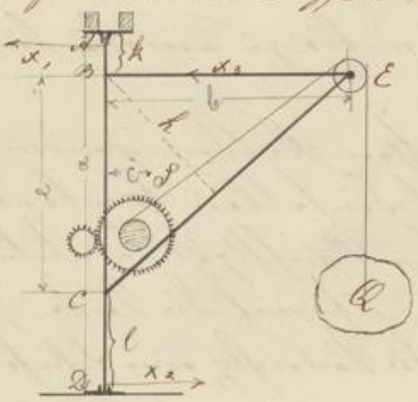
# Krahnen.

Hinsichtlich der Beweglichkeit der Krahnen im Ganzen unterscheidet man Laufkrahnen und feste Krahnen. Was die Aufstellung betrifft, so gibt es freistehende und solche die eine Unterstützung haben, wie letztere hauptsächlich in größeren Werkstätten vorkommen. In Betreff des Aufhebungsmaterials unterscheidet man:

a. hölzerne Krahnen,
b. eiserne, und
c. Dampfkrahnen.

Im Allgemeinen ist der Krahn ein um eine vertikale Axe drehbares Gerüst mit Seil oder Kettenwinde versehen.

Verzeichnen wir uns also einen theoretischen Krahn und sehen wie die einzelnen Theile construirt und angebracht werden müssen um den praktischen Anforderungen zu entsprechen.




Fragen wir nun wie stark der Zapfen bei A in Anspruch genommen ist.

Nennen wir diesen Druck $x_1$ und es ist dieser so

groß, daß wenn ich das Lager bei A wegnehme und mit einer Kraft $x_1$ ansetze, das Ganze stehen bleibt.

Nun hat der ganze Krahn ein gewisses Gewicht, dieses und die Last Q können wir uns im Schwerpunkt S vereinigt denken.

Heißen wir nun $AD = a$ die Höhe des Krahnes ferner $BE = b$ die Ausladung

$c$ die Entfernung des Schwerpunkts von der Drehungsaxe und ist G das Gewicht des Krahns

so ist $x_1 a = Qb + Gc$

$$x_1 = Q\frac{b}{a} + G\frac{c}{a}$$

c ist immer im Verhältniß zu a eine sehr kleine Größe und kommt daß halb wenig in Betracht.

Es ist daher vortheilhaft einen Krahn mit geringer Ausladung zu machen und sehr hoch.

Auf den Druck $x_1$ ist die Befestigung zu machen.

Der Zapfen bei D sitzt in einer Pfanne und hat das Totalgewicht zu tragen.

Die Lochfläche des Zapfens wird gedrückt mit einer Last P + G. Es ist also darnach der Zapfen zu construiren und die Fundamente darnach einzurichten; denn wir können das Ganze als Hebel betrachten, der oben seinen Drehungspunkt hat.

Es ist also für D $x_2 a = Qb + Gc$.

$$\text{also } x_2 = x_1$$

Die Zapfen haben also beide gleichviel auszuhalten.

die Stange BC muß mit einer Kraft $x_3$ gehalten werden. Heißen wir $BC = c$.

So haben wir $x_3 c = Qb - Qf$

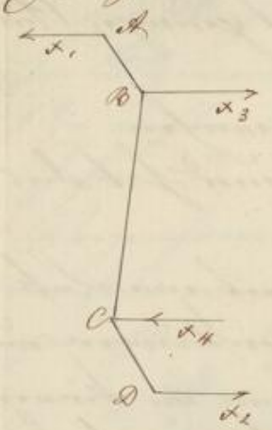
$$x_3 = Q\frac{b}{c} - Q\frac{f}{c}$$

Auch hier sind dieselben Verhältnisse vortheilhaft.
In Bezug auf die Strebe wollen wir eine Kraft $x_4$ annehmen, welche aufwärts preßt.
Wir fällen zu diesem Zwecke ein Perpendikel auf CE von B aus und wollen dasselbe $h$ heißen.
Der Gewicht der Stange und Strebe kann vernachlässigt werden.

Es ist also $(x_4 - Q)h = Qb$.

$$x_4 = Q\frac{b}{h} + Q = Q\left(1 + \frac{b}{h}\right)$$

Es ist gut wenn $h$ oder BC groß ist.




die Säule ist nun durch 4 Kräfte in Anspruch genommen, welche sie zu biegen bestrebt sind.
Wir wollen nun sehen, wie wir die Säule so schwach als thunlich construiren können, sie aber doch den nöthigen Widerstand leistet.
Heißt $kx_1$ das Moment, welches die Axe bei A abzubrechen strebt.

$kx_2$ das Moment welches die Axe bei B abzubrechen strebt.
Es ist daher immer vortheilhaft $k$ und $l$ sehr klein zu nehmen; setzen wir $k$ und $l = 0$, so haben wir einen Kranen ohne Säule.

# Schachtkrahn.

der Schwerpunkt des ganzen Gestells sei in S.
Heißen wir den Horizontalschub bei D, X, und den bei C X, so haben wir

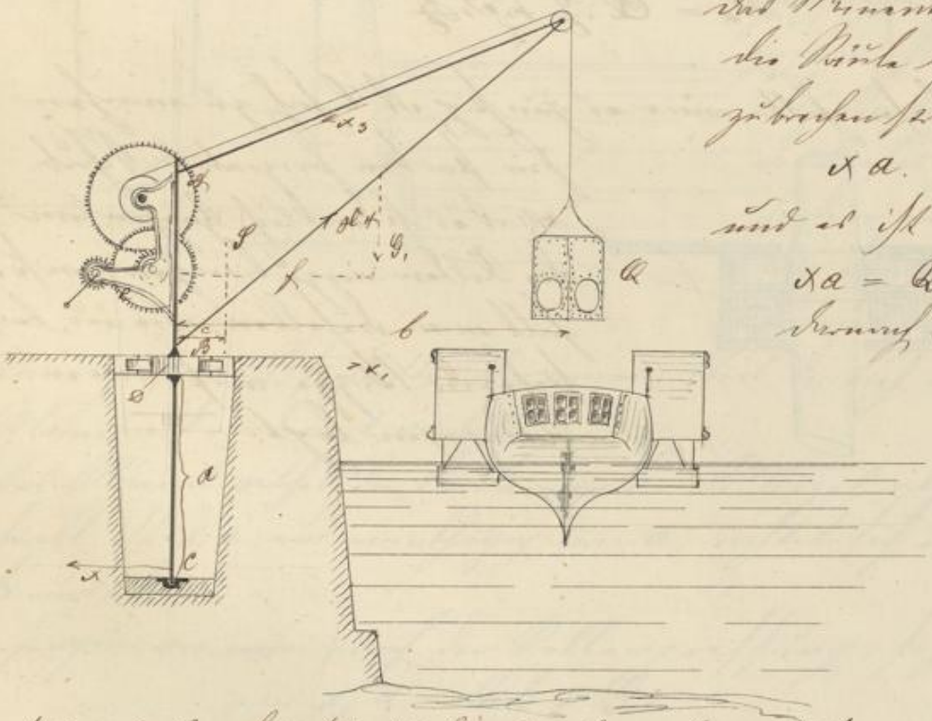
$$X a = Q b + G c$$

$$X = Q \frac{b}{a} + G \frac{c}{a}$$

$$X_1 a = Q b + G c$$

$$X_1 = Q \frac{b}{a} + G \frac{c}{a}$$

$$X_1 = X.$$


das Moment welches die Säule bei D abzubrechen strebt ist

$X a$.

und es ist

$X a = Q b + G c$

demnach muß

sich also der Querschnitt der Säule richten, also auch der Last Q und der Ausladung, er ist unabhängig von der Höhe des Schachtes.

Lassen wir nun die Spannung in der Hängestange und als ein das Gewicht des Schnabels $G_1$,

so ist $(x_3 + Q)c = Qb + fG_1$

$$x_3 = Q\frac{b}{c} + \frac{f}{c}G_1 - Q.$$

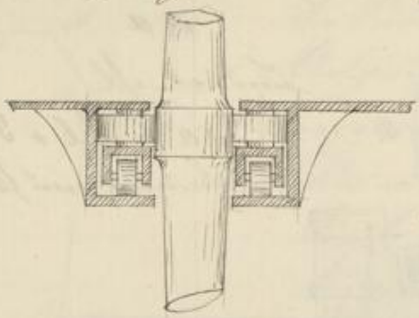
Es ist hieraus ersichtlich, daß für gute Lasten $c$ nun groß machen muß.

BD muß so construirt werden, daß keine Knicken entsteht; heißen wir diejenige Kraft, welche also entgegenwirken soll $x_4$

so ist. $x_4 c = fG_1 + Qb$

$$x_4 = Q\frac{b}{c} + G_1\frac{f}{c}$$

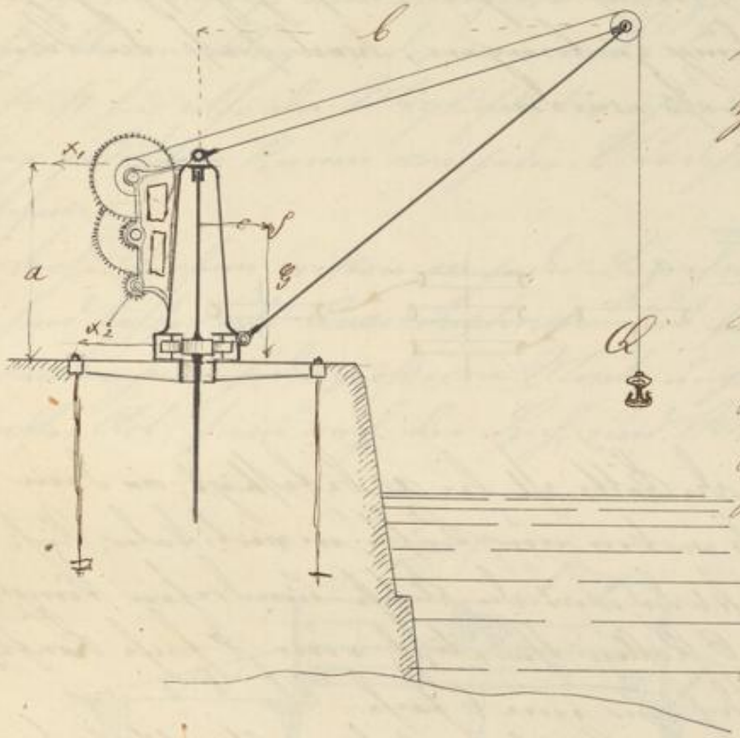
Für diesen Fall wäre es günstig AC hoch zu machen



Für starken horizontal Schub wird es bedenklich Zapfen an die Rollen anzubringen, weshalb man dieselben, wie in beiliegender Skizze auf einen Rollwagen legt.

# Quai-Krahn.

mit fortdrehbarem Oberthell.




Der Druck am oberen Zapfen ist.

$$x_1 a = Qb + Gc$$

$$x_1 = Q\frac{b}{a} + G\frac{c}{a}$$

Die Rolle für sich zu messen ist das einfachste für den Zapfen. Um nun das Umkippen des Krahns zu verhindern müssen wir denselben entweder mit einer großen Fußplatte oder einem Keil der tief in das Mauerwerk eindringt, versehen.

Das Moment welches die Rolle von der Wurzel abzubrechen strebt, ist $x_1 a$ und unabhängig von $a$, richtet sich nach $Q$ und $b$.

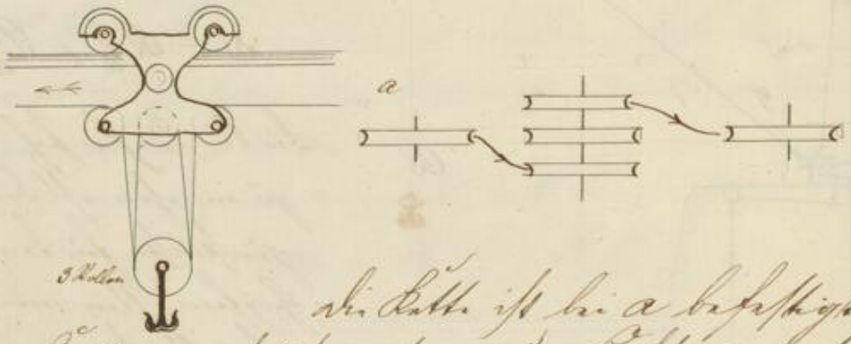
Zeichnen wir nun nach der Rollenpressung, so haben wir $x_2 a = Qb + Gc$

und $x_2 = Q\frac{b}{a} + G\frac{c}{a}$

Hiernach sind also die Zapfen für die Rollen zu construiren

# Giesserei = Krahn.

für sehr große Lasten ist es zweckmäßig Flaschenzüge mit in Anwendung zu bringen, weil sonst die Winden für sich zu groß würden.




Die Kette ist bei a befestigt, an dem Flaschenzug selbst wirken nur Kräfte in vertikaler Richtung, also ist nichts da, was die Flasche umdrehen könnte. Wir haben hier bei 3 Rollen theoretisch eine 8 fache Kraft, in Wirklichkeit jedoch nur eine 6 fache.

Nehmen wir hier eine Winde mit doppelter Uebersetzung und 4 Mann, so haben wir

$$4 \times 6 \cdot 5 \times 3 = 5760 \text{ Kilg} = 100 \text{ Ctr}$$

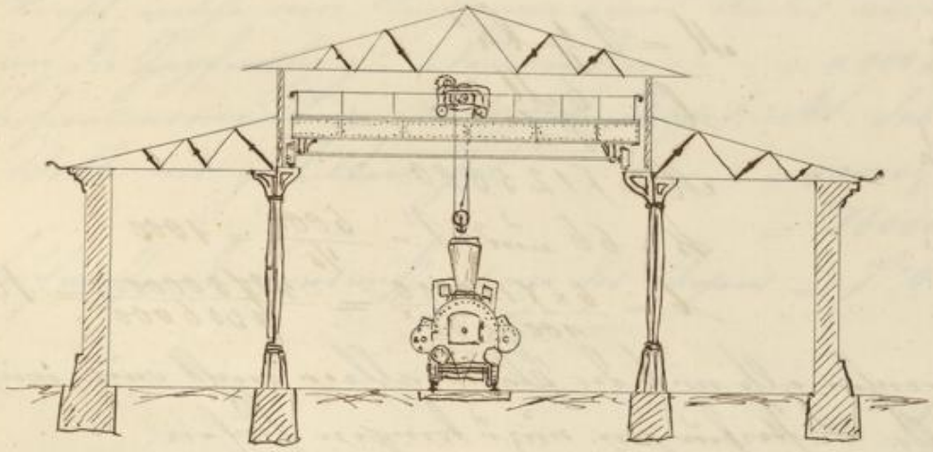
Mit 4 fachem Flaschenzug $= \frac{4}{23040} = 100$ Ctr

Was nun das Anfertigungsmaterial für Krahnen betrifft, so ist es genügend in geschlossenen Räumen dieselben aus Holz zu fertigen in freien hingegen dieselben aus Gußeisen oder Schmiedeisen zu fertigen.

# Lauf=Krahn.

Derselbe besteht aus 2 rechtwinkelig zu einander verschiebbaren Wagen, der eine mit, der andere ohne Winde. Es ist hier also die Möglichkeit vorhanden einen parallelogrammatischen Raum von jeder Ausdehnung zu bestreichen.

Diese Krahnen leisten in jeder Beziehung Excellentes sind besser als Quai-Krahnen und finden ihre Anwendung in jedem größeren Montirungswerkstätten aller Art, sowie auch bei Holz und Wasserbrüchen u. s. w.



Es ergeben sich für einen Laufkrahn, der mit 4 Mann bedient wird, folgende Verhältnisse.

Der Druck den ein Mann ausübt zu 16 Kilogr. gerechnet

$$16 \times 4 \times 6 \times 5 \times 3 = 5760.$$

Last Q - - - - - = 23000 Kilgr.

Zugkraft am Seil, das sich aufwickelt = 5750 Kilg.

Durchmesser des Rollenseils - - = 2 cm

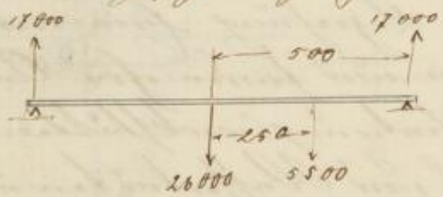
" " eines Lagers der Achsen = $0{\cdot}12\sqrt{\frac{23000}{2}}$ = 13 cm

" " einer Rolle " " = 78 cm

Länge eines Blechträgers - - = 10 × 100 = 1000 cm

Höhe eines " " - - - = $\frac{1}{15}$ × 1000 = 66 cm

Wahrscheinliches Gew. des Gerüstes = $\frac{23000}{2}$ = 11500 k.

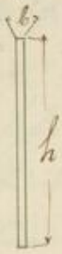



17000 × 500 − 5500 × 250

Biegungsmoment für beide Träger

= 125000 Kilgem

die Platten sollen auf 1/5 in Anspruch genommen werden.




$$M = P\frac{1}{6}bh^2$$

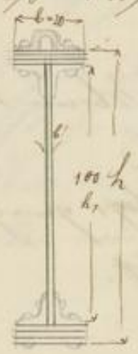
$$b = \frac{6M}{Ph^2}$$

$$M = 125000$$

$$h = 66 \text{ und } P = \frac{5000}{1/5} = 1000$$

$$b = \frac{6 \times 125000}{1000 \times 66^2} = \frac{42750000}{4356000} = 10.$$

Wir reichen also mit der Platte allein nicht aus, müssen also Versteifungen anzubringen suchen.




$$h = \frac{1}{10} \times 1000 = 100 \text{ cm}$$

$$\frac{P}{6h}\left(b_1h_1^3 + b(h^3 - h_1^3)\right) = \frac{M}{2}$$

Biegungsmoment für beide Träger.

$$(b_1 - b)h_1^3 + bh^3 = \frac{6hM}{P} = \frac{3hM}{P}$$

$b_1 = 2$, $b = 20$, $h_1 = 100$.

$$18 \times 100000 + 20 \times h^3 = \frac{3 \times 1125000}{1000} h$$

$$18000000 + 20h^3 = 2375 h$$

$$20h^3 - 2375h = 18000000$$

$$h = 120,\ h^3 = 1728000 \times 20$$

$$34560000 - 2565000 = 18000000$$

$$31995 = 18000$$

$$h = 115$$

Durchmesser eines Zapfens des großen Bogens

$$= 0{,}12 \sqrt{\frac{14300}{8}} = 1{,}86$$

Durchmesser eines Rades do. $= 8 \times 1{,}86 = 62{,}8$.

Druck auf einen Zapfen $= 4000$ Kilg.

Kraft, welche am Umfange eines Rades wirken muß um die Zapfenreibung zu überwinden $= 4000 \times \frac{1}{8} \times \frac{1}{8}$

Drehungsmoment in Kilg. Met. ausgedrückt, das die Welle auszuhalten hat $= 4000 \times \frac{1}{8} \times \frac{1}{8} \times 8 \times \frac{63}{2}$

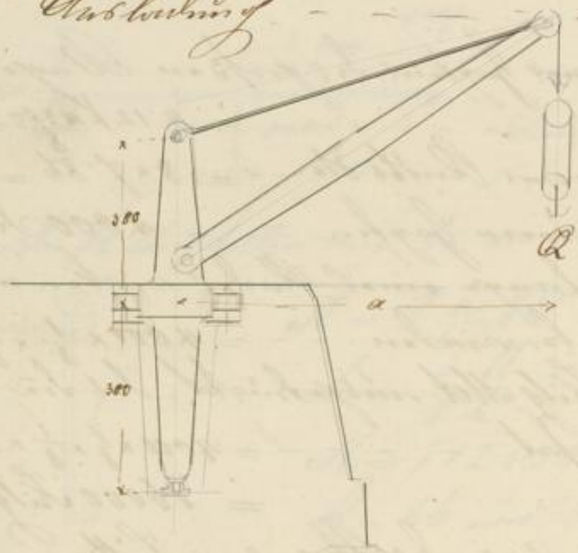
$= 16000$ Kilg.

Durchmesser der Transmissionswelle des Bogens $= 1{,}4$.

# Krahn für 600 Ctr.

## Schachtkrahn.

Last 600 × 50 — — — — = 30000 Kilgr.
Wahrscheinlicher Druck — — = 12000 "
Höhe der Rolle über dem Boden = 600 Ctm.
Ausladung — — — — = 600 Ctm.




$$M = \frac{P}{6h}\left\{b_1 h_1^2 + b(h^2 - h_1^2)\right\}$$

$P = \frac{6000}{6} = 1000$

$h = 100$

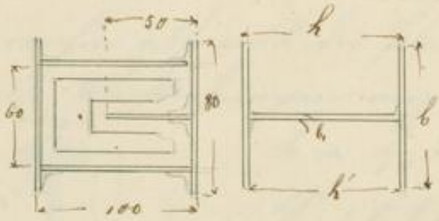
$h_1 = 100 - 2\delta$

$b = 80$

$b_1 = 2\delta$

$a = 600$

$Q = 30000$




δ darf nicht kleiner als 1 cm genommen werden, folglich wir δ = 1 cm setzen und sehen was herauskommt.

$\delta = 1$

1000
100
98
80
2
60
600
30000

$$\frac{1000}{600}\left\{2\times 98^3 + 80\left(100^3 - 98^3\right)\right\} = 18000000$$

Es kommt hier heraus 18 978 373.
Das wäre zu schwach, wir müssen also die Blechstärke kräftiger nehmen, setzen also $\delta = 1{\cdot}5^{cm}$ u. probiren nochmals.

$\delta = 1{\cdot}5$

1000
100
97
80
3
600
30000

$$\frac{1000}{600}\left\{3\times 97^3 + 80\left(100^3 - 97^3\right)\right\} \text{ soll}$$
$$= 18\,000\,000.$$

Es kommt hier 18000 000 heraus, was abermals zu schwach wäre, nehmen wir $\delta = 1{\cdot}7^{cm}$ und probiren wieder bis wir zu einem Endresultat kommen.

$\delta = 1{\cdot}7$

1000
100
96·6
80
3·4
600
30000

$$\frac{1000}{600}\left\{3{\cdot}4\times 96{\cdot}6^3 + 80\left(100^3 - 96{\cdot}6^3\right)\right\}$$
$$\text{soll} = 18\,000\,000 \text{ sein}$$

Wir bekommen diesmal 18 250 000 können die Blechstärke $\delta$ also zu $1{\cdot}7^{cm}$ nehmen

## Zwei & Dreifüsse.

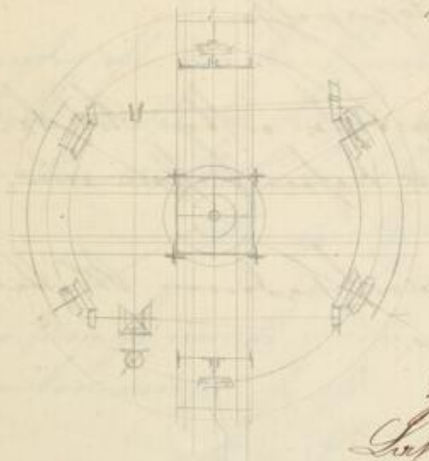
Man wendet dieselben hauptsächlich beim Stellen als Aufrichtegerüste etc. an.
Die einzelnen Theile müssen gegliedert sein und dürfen nicht fest verbunden sein.
Für schwere Lasten stellt man die Dreifüsse in Form von Böcken aus Eisenblech dar, für geringere Lasten aus Holz. Die Mittel sind dieselbe Construction wie die schon früher besprochenen.
Zweifüsse wendet man häufiger in Verbindung zum Montiren von Schiffen, etc. an
So wurde z. B. der Obelisk à Paris mittelst eines solchen Zweifüsses aufgerichtet.
Wir kommen nun zu den.

## Schiebebühnen & Drehscheiben.

Beide haben den Zweck um Fahrzeuge aus einem Geleise in das andere zu bringen
In der Praxis können beliebig viele Geleise angebracht sein. Ist Locomotive sammt Tender zu verschieben, so muß noch eine Mittel angebracht werden um die Schienenbrücke

fortzubewegen.
Die Drehscheiben dienen hauptsächlich dazu ein Fahrzeug von einem Geleise auf ein anderes zu bringen, das mit dem ersteren einen rechtl. Winkel bildet.
Auch hier gibt es solche für Wagen und solche für Locomotiven sammt Tender.
Das Ganze besteht aus einem Ring, der durch ein System

von Rollen getragen wird.
Für größere Spannweiten wendet man oft Blechträger an.
Für Dimensionen von 32 – 34' kann man folgende Construction anwenden.



Durchm. der Drehscheibe --- = 12 Mtr.
Höhe eines Trägerbalkens --- = $\frac{12}{16}$ = 75 cm
Locom. sammt Tender --- = 36 Tonnen = 36000 Kilg.
Gewicht der Drehscheibe --- = 12 Tonnen
= 12000 Kilg.
Das Total Ges. liegt auf 6 Rollen, also
kommen auf eine Rolle --- = 2000 Kilg.
Halbes Gewicht --- = 6000 Kilg.
Last für einen Träger --- = 24000 K.
Das Moment ist --- = 5250 × 300 – 5250 × 150
= 787500.

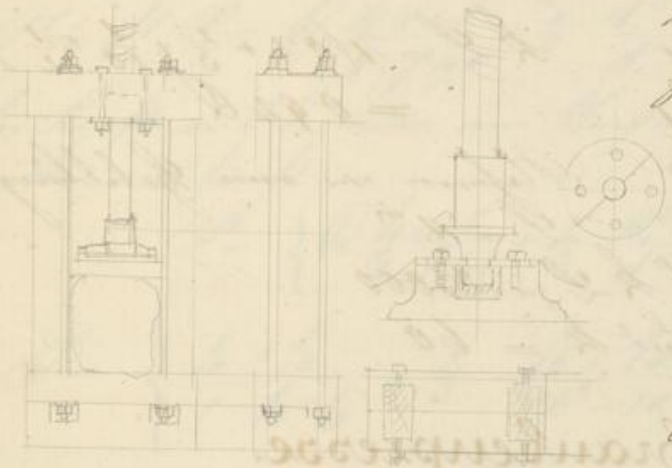
# Pressen.

Dieselben können wir eintheilen nach dem Zweck
1. in Pressen die eine Volumenverminderung bezwecken sollen. (Packpressen, Warenpressen.
2. Pressen zum Verdichten, Luftpressen, Gas zu comprimiren. Um auch Körper zu verdichten.
3. Pressen, die dazu dienen um aus irgend einem Material Saft herauszupressen.
4. Formpressen, um plastisches Material in eine gewisse Form zu bringen, sowie auch festes Material, wie Blech, etc.
5. Pressen um auf eine Oberfläche einzuwirken. Geprägepressen, Plattpressen, Reinigungspresse, Lettendruckmaschine, Druckpressen, Copiepressen.
6. Münzpressen.
Wir werden uns hauptsächlich mit der ersten Art beschäftigen, übrigens sind bei allen diesen Pressen nur die Werkzeuge verschieden.
Unterscheidet man nach den verschiedenen Mitteln, die man anwendet, so hat man:
1. Hebelpressen.
2. Keilpressen.
3. Kniepressen.

4. Kniepressen.
5. Schraubenpressen.
6. Hydraulische Pressen.

Betrachten wir nun zuerst die

# Schrauben Presse.



die Schraube wird hier durch eine Schlagwerk in Bewegung gesetzt, die Zapfen der Spindel haben beistehende Form

Fragen wir hier nun nach der Kraft welche noth-

wendig ist, um die Spindel zu drehen?

Heißen also die Kraft, welche am Umfange der Spindel wirken muß P, so haben wir:

$$P = Q\frac{tg\alpha + f}{1 - f\,tg\alpha} + \frac{2}{3}Qf\frac{\delta}{d}$$

Heißen ferner k die Kraft, welche an der Schlagstange wirken muß, so ist:

$$k = P\frac{\frac{1}{2}d}{L} = \frac{d}{2L}\left(\frac{tang\,\alpha + f}{1 - f\,tg\,\alpha} + \frac{2}{3}f\frac{\delta}{d}\right)Q.$$

Fragen wir nach dem Effect bei einer gewissen Spindeldicke.

Durchmesser der Spindel — — — — — — = 8 cm

Querschnitt " " — — — — — = 50 □cm

Druck-Festigkeit auf 1 □cm — — — — = $\frac{5000}{10}$ = 500 Kg.

Druck Q — — — — — = 500 × 50

= 25000 Klg

Querschnitt einer Stange — — — — — = 12·5 □cm

$f = \frac{1}{10}$ $\quad kL = 4(0{\cdot}2 + \frac{2}{3} \times \frac{1}{10} \times \frac{1}{2})$

$tg\,\gamma = \frac{1}{10}$ $\quad = 0{\cdot}92\,Q$

$\frac{\delta}{d} = \frac{1}{28}$

Nehmen wir eine Hebellänge

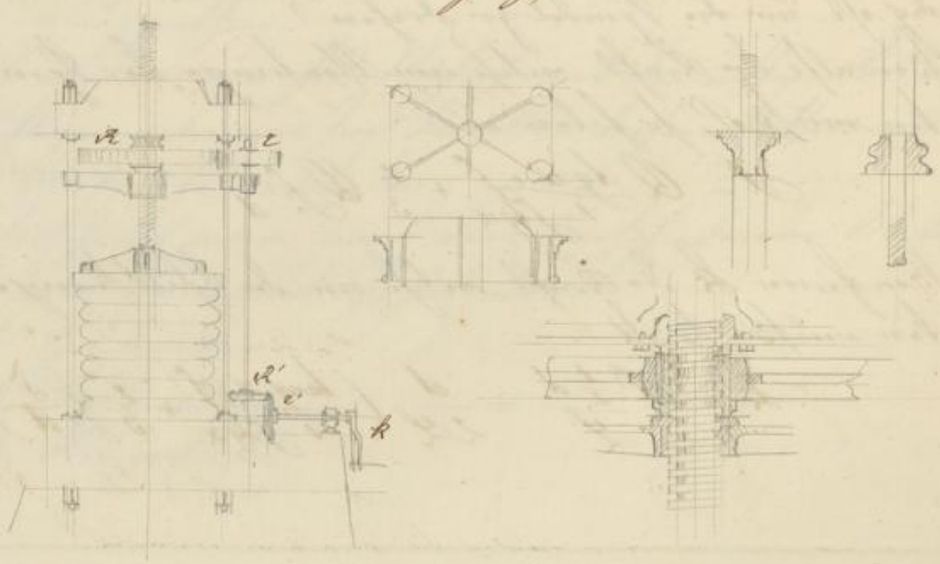
$L = 4^{m}$

so ist $kL = 25000$

und $k = 60$

# Schraubenpresse.

mit Räderübersetzung, Kurbelod. Haspel.



Wir wollen nun sehen, was wir mit einer Spindel von 12cm Durchmesser heben können.

Durchmesser der Spindel - - - - = 12cm
Querschnitt derselben - - - - - = 113 □cm
Druck auf 1 □cm - - - - - = 300 Kilg.
Gesammtdruck Q - - - - - = 113 × 300
Durchmesser einer Kugel - - - - - = 34 000 Kilg.
= 6cm

Nun ist $P = Q \frac{tg\alpha + f}{1 - f\, tg\alpha} + \frac{2}{3} \frac{d_1^3 - d_0^3}{d_1^2 - d_0^2} f_1 + \frac{Q}{D}$

die Kraft mit der man am Umfange der Kurbel wirken muss, ist:

$$P = \left\{ Q \frac{tg\alpha + f}{1 - f\, tg\alpha} + \frac{2}{3} \frac{d_1^3 - d_0^3}{d_1^2 - d_0^2} f_1 \frac{Q}{D} \right\} \frac{D}{r} \frac{r}{R} \frac{r'}{R_1} \frac{r'}{R}$$

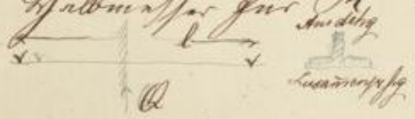
$$P = \left\{ \frac{\frac{1}{10} + \frac{1}{10}}{1 - \frac{1}{10} \times \frac{1}{10}} + \frac{2}{3} \frac{16^3 - 14^3}{16^2 - 14^2} \times \frac{1}{10} \times \frac{1}{12} \right\} 34000 \times \frac{1}{3} \times \frac{6}{36} \times \frac{1}{6} \times \frac{1}{3}$$

$$P = 34000 \left\{ 0{\cdot}2 + 0{\cdot}13 \right\} \frac{1}{100} = 34000 \times 0{\cdot}33 \times \frac{1}{108}$$

$$= 11220 : 108 = 100$$

Wir können nun statt der Kurbel auch ein Hebzeug anwenden, indem wir machen:

Halbmesser des Hebzeugs - - - - - - = 12
Kraft am Hebzeug - - - - - - - = $\frac{100}{2}$ = 50.
Moment der Kurbel - - - - - - - - = 36 × 100 × 3 × 6
$\left(\frac{d}{r}\right)$ - - - - - - - - - - - - = 12 cm
Halbmesser für $R_1$ - - - - - - - = 6 × 12 = 72cm




$0 F_1 = Q \frac{l}{2}$. (17) Res. Recht.

# Hydraulische Presse.


Wir können hier mit einer Kraft P einen Widerstand Q überwinden. A a, sind die beiden Querschnitte der Kolben.

$$\frac{P}{a} = \frac{Q}{A} \text{ und } Q = \frac{A}{a} P$$

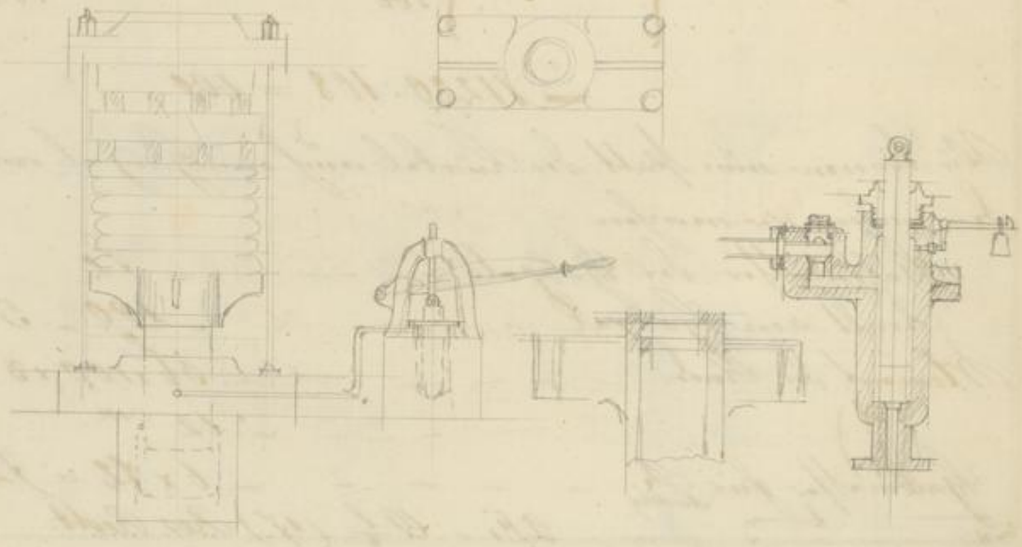
Nehmen wir z. B. $a = 4$, $A = 400$

ferner $\frac{A}{a} = 100$.

die Kräfte müssen sich verkehrt verhalten wie die Kolbenquerschnitte.

Nun geht es uns hier entweder die Wandstärke oder die Pressung anzunehmen, es ist auch bei allen hydraulischen Pressen als Regel angenommen die Wandstärke gleich dem Halbmesser des Kolbens zu machen.

also $\delta = \frac{1}{2} D$.



$$\delta = \frac{D}{2}\left[\sqrt{\frac{E+p_0}{E+2p_1-p_0}} - 1\right]$$

$p_0$ bedeutet hier die Pressung der Flüssigkeit im Innern

$$1 = \sqrt{\frac{E+p_0}{E+2p_1-p_0}} - 1$$

$$\frac{E+p_0}{E+2p_1-p_0} = 4$$

$$E+p_0 = 4E+8p_1-4p_0 =$$

$$5p_0 = 3E+8p_1$$

$$p_0 = \frac{3E+8p_1}{5}$$

Nehmen wir $p_1 = 1$ Kilg. die Spannung, welche im Innern des Materials einhalten darf ist

$$E = \frac{1200}{3} = 400.$$

also $p_0 = \frac{1200+8}{5} = \frac{1208}{5} = 241$ Kilg auf $1^{\square cm}$

das Material ist auf 1/3 der absol. Festigkeit in Anspruch genommen.

Die Pressen können auf 200 Atmosphären gespannt werden.

Heißen wir nun Q den Druck, welchen wir hervorbringen wollen, so ist: $Q = 241\,A$.

Nehmen wir beispielsweise an

$$D = 30^{cm},\ A = 700^{\square cm}$$

$$Q = 241 \times 700 = 168700 \text{ Kilg}$$

Spannung pr. $1^{\square cm}$ der Röhre - - - $= \frac{4000}{5} = 800$

Querschnitt einer Röhre - - - - $= \frac{168700}{4 \times 800} = 53^{\square cm}$

Durchmesser einer Röhre - - - - $= 8{\cdot}2^{cm}$

$\frac{l}{L}$ ist das Uebersetzungsverhältniß; $p_0$ $\alpha$ die Kraft mit welcher der Kolben hineingepreßt wird.

$$p_0 \alpha \frac{l}{L} = P, \quad p_0 = 241, \quad \frac{l}{L} = \frac{1}{10}, \quad \alpha = 4.$$

$$\text{Also } P = 241 \times 4 \times \frac{1}{10} = \frac{964}{10} = 96 \text{ Kilg.}$$


Dieser Druck $p = 96$ Kilg ist immerhin noch stark. Will man die Größe des Kolbens, so muß man die übrigen Bestandtheile noch graphisch einrichten. Habe die obere und untere Bestimmungsplatte ist folgende zu sagen. Es ist der Gesammtdruck nach der Berechnung 16 8000.

$$\text{Das Moment } Q\frac{l}{4} = p\frac{1}{3z}\left(b(h+h_1-z)^3 - h_1-z)^3 + b_1(z^3+(h_1-z)^3)\right) \quad (1)$$

$$z = \frac{1}{2} \times \frac{bh^2 + b_1h_1^2 + 2bhh_1}{bh + b_1h_1} \quad (2)$$

Dividiren wir 2 durch $h^3$: $z = \dfrac{\frac{1}{2}\frac{b}{h} + \frac{b_1}{h}\left(\frac{h_1}{h}\right)^2 + 2\frac{b_1}{h}\cdot\frac{h_1}{h}}{\frac{b}{h} + \frac{b_1}{h} \times \frac{h_1}{h}}$

Wir dividiren (1) durch $h^4$ und erhalten

$$Q\frac{l}{4} = \frac{p}{3}\,\frac{\frac{b}{h}\left(1+\frac{h_1}{h}-\frac{z}{h}\right) - \left(\frac{h_1}{h}-\left(\frac{z}{h}\right)^3\right) + \frac{b_1}{h}\left(\left(\frac{z}{h}\right)^3 + \frac{h_1}{h}\left(\frac{z}{h}\right)^3\right)}{\left(\frac{z}{h}\right)\frac{1}{h^3}}$$

$$Q\frac{l}{4} = \frac{p}{3}\,\frac{h^3\frac{b}{h}\left[\left(1+\frac{h_1}{h}-m\right)^3 - \left(\frac{h_1}{h}-m\right)^3\right] + \frac{b_1}{h}\left[m^3 - \left(\frac{h_1}{h}-m\right)^3\right]}{m}$$

$$Q\frac{l}{4} = \frac{p}{3}h^3 C$$

$$h = \sqrt[3]{\frac{3}{4}\frac{Ql}{pC}}$$

In einem langen Cylinder von kleinem Durchmesser bewegt sich ein Kolben k, der nach beiden Seiten hin auslässt in eine dicke und eine dünne Kolbenstange. Am Ende der dicken Kolbenstange ist der Wasserbehälter B befestigt. Die dünne Kolbenstange ist jedoch nicht am Kolben fest, sondern nur in diesen hineingesteckt und der Kolben kann sich auf dieser Stange hin u. herbewegen, jedoch nicht drehen. Falls hin & herbewegen kann er sich nicht, sondern nur in der Vertiefung drehen.

Die comprimirte Luft tritt nun in den Wasserkasten M ein u. wirkt durch die Kanäle c & e, abwechselnd vor und hinter dem Kolben; tritt sie durch den Kanal e, so wirkt sie auf eine größere Fläche des Kolbens, als wenn sie durch den Kanal c, tritt, da die Kolbenstangen ungleich dick sind. Der Bohrer wird deßhalb mit größerer Kraft nach Belieben getrieben, als er zurückgetrieben wird. Die Steuerung wird durch ein kleines Dreiwegehähnchen D bewegt (das aber statt durch Dampf mit Luft getrieben wird.) Das Wasserhähnchen hat zunächst eine Walze a, auf welcher sich eine einseitig abgeschrägte Platte f befindet, gegen welche letztere die Wasserstange mittelst einer Feder angedrückt wird, und auf diese Weise hin und herbewegt, wenn die Platte sich dreht. Ist nun die Wasserstange einer Seite hin gegangen, so kommt der Bohrer immer tiefer mit hin, mit hin kommt auch der Kolben weiter vor und dieser würde am Cylinderventil anstoßen, wenn nicht folgende Vorrichtung wäre: Am Gestelle ist eine Zahnstange L angebracht, in welche der Sperrhaken C eingreift.

Ist nun der Hebel sammt Kolbenstange soweit vorgerückt, daß der Kolben beinahe anschlagen würde, so stößt d gegen a und schickt dadurch die Hebelstange um Stück weit fort, mit letzterer bewegt sich aber auch die Platte p fort, greift in c ein und da p fortwährend durch die Schallfedern t gebracht wird, so dreht sich jetzt auch p mit. p ist aber eine Scheibe ohne Ende, die eine Spindel bildet; drehe sich also p, so wird es sich in Spindel (und 2 unter einander liegenden Federn t bestehend) fortbewegen und die ganze Blasphine mitnehmen, so daß wieder genug Zwischenraum für den Kolben und Hebel da ist. Die Blasphine bewegt sich jedoch nur so lange fort, bis h u. c wieder aus gelöst sind, und dann beginnt das Spiel von Neuem. Ein bedeutender Vortheil bei dieser Erfindung ist noch, daß diese Fortbewegung, ob rasch oder langsam sich nach der Härte des zu durchbrechenden Gesteines richtet. Ferner ist vortheilhaft, daß die Steuerung durch eine ganz isolirte Blasphine bewirkt wird, so daß die Schwere der Arbeit auf die Steuerung auch gar keinen Einfluß hat.

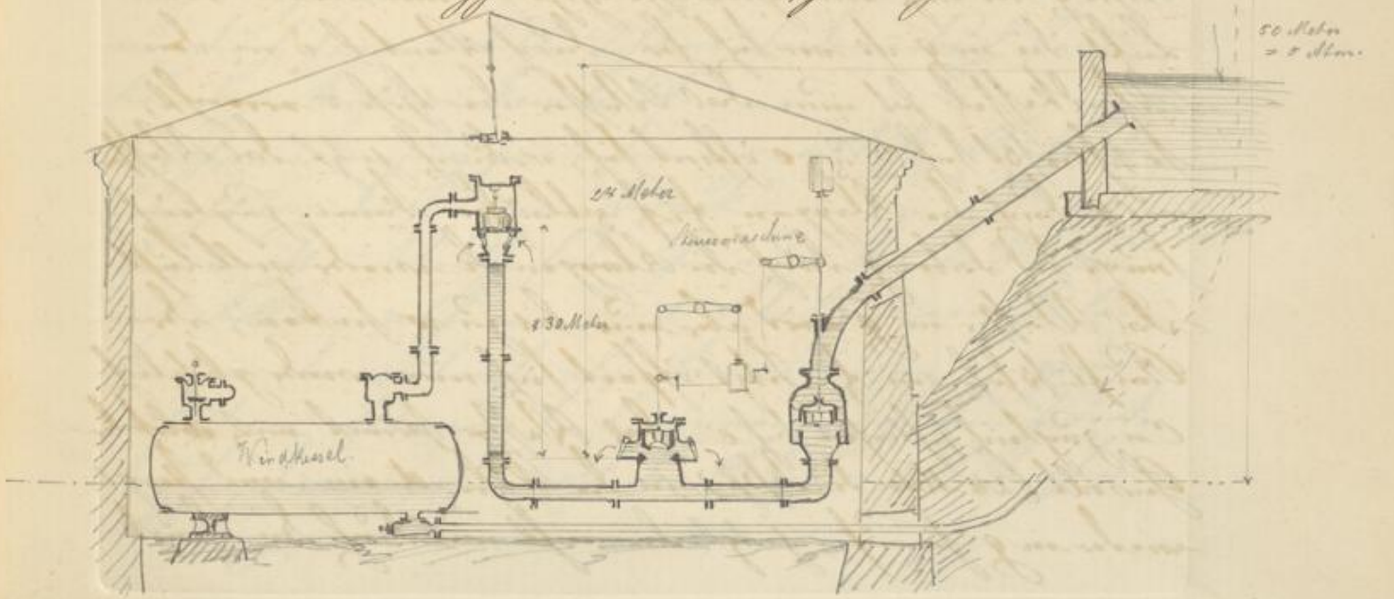
fig. 4.

fig. 4. stellt die Schallfedern t dar, an der Steuerwelle a ist ein excentrische Scheibe befestigt und an dem Excentrum ist der Schallfedern befestigt, der eine fortwährend hin u. hergehende Bewegung macht und dadurch das Sperrrad d mit herumdreht.

Einige construktive Daten der Lufmaschine sind:

| | |
|---|---|
| Anzahl der arbeitenden Luftmaschinen | 5. |
| Größter Hub | 20 cm |
| Cylinderdurchmesser | 63 cm |
| Anzahl der Hübe pro Minute | 200. |
| Durchmesser des Kurbelzapfens D | 6 cm |
| Hub desselben | 6 cm |
| Anzahl der Touren pro Minute | 200 |
| Pressung des Windes | 4.5 Atmosph. |
| Totale Länge der Blasseine | 2.50 Meter. |
| Gewicht einer " " | 4 Centner. |
| Anzahl der Lufthöfe einer Blass. in 6 Stunden | 8–10. |
| Lufthöhenweite 4–6 cm, tiefe desselben | 90 cm |
| Anzahl der verwendeten Luftsorten pro Hof | 3. |

Was nun bei dieser Blasseine aber eigenthümlich erscheint, das ist der Druckwassersammlungsapparat, die Luftcompression erfolgt im Schacht bis 50 Meter und die Luft wird durch einen Druck von 5 Atmosphären in die Blasseine geleitet.



Daten:

| | |
|---|---|
| Anzahl der Windkessel | 10. |
| Länge eines " | 10 Meter |
| Inhalt " " | 17 Cub. Meter |
| Wandstärke " | 12 Millimeter. |
| Öffnung in einem " | 5 Millimeter. |
| Höhe der Luftsäule | 4·30 Meter |
| Höhe des Treibwassers | 24 Meter |
| Höhe des Hochreservoirs | 50 Meter. |
| Luftmenge pr. 1 Spiel und 1 Kessel | 1·3 Cub. Meter |
| Anzahl der Spiele per 1 Minute | 3. |

Das Spiel der Maschine ist nun folgendes:

Aus dem Bassin A tritt das Wasser in die Röhre b und gelangt durch das Ventil c in d, Ventil e ist jetzt geschlossen, also geht das Wasser weiter u. steigt in der Röhre g bis auf eine gewisse Höhe v, und treibt die Luft die in g ist vor sich her, durch Ventil i in den Windkessel. Hat nun das Wasser die Höhe v erreicht, so schließt sich c u. e öffnet sich, wodurch jetzt das Wasser aus g durch die Klappen h zurückgehen kann, zugleich saugt sich dabei g durch die Klappen k wieder voll Luft. Das Wasser in g wird aber nur bis zu w sinken, der Ausflußhöhe von f. Jetzt öffnet sich nun wieder plötzlich c u. zugleich schließt sich e, das Wasser strömt mit erlangter Gewalt (24 Meter Druckhöhe) in die Röhre d ein und steigt wieder in g hinauf, jetzt aber nicht nur durch den Druck

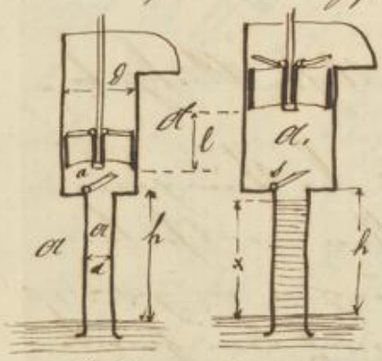
der 24 Meter hohen Wassersäule, sondern auch zugleich durch seine eigene lebendige Kraft; denn wenn eine Wassermasse, wie in b und d enthalten ist, in heftiger Bewegung ist, so besitzt es auch eine ganz bedeutende lebendige Kraft, und vermöge dieser gleich dem eigentlichen Gewicht der Wassersäule, treibt dieselbe die in Gestalt Luft durch das Ventil i in den Windkessel hinein, indem es noch das mit 5 Atmosphären belastete Ventil aufdrücken muß. Um nun die Spannung im Kessel auf demselben Punkt zu erhalten, steht das selbe durch ein Rohr n mit einem 50 Meter hohen, auf einem 1/2 Stadt entfernt gelegenen Berge, Bassin oder Hochreservoir in Verbindung, durch welch letzteres also immer die Spannung auf 5 Atmosphären erhalten wird.
Aus dem Windkessel tritt dann die Luft durch Ventil m in das Rohr l, das bis zur Blasform in der Düse führt. Aus diesem Beispiele sehen wir, daß man auch gewaltige Kräfte erzielen kann, wenn man das Wasser nicht nur durch seine Statik (Schwere) sondern durch seine lebendige Kraft wirken läßt.
Kehren wir nun zu unsere eigentlichen Aufgabe, Betrachtung der Pumpen zurück.
Den meisten Werth haben für uns die Pumpen mit Kolben, welche wir in 2 Klassen einteilen können, oder vielmehr ihre Bewegungen in zwei Klassen: entweder sie bewegen nach dem Gesetze dem sie dienen, oder nach der Art und Weise ihrer Wirkung.

| | |
|---|---|
| 1. Brennmaschinen | 1. Saugpumpen |
| 2. Bewässerungen | 2. Hebepumpen |
| 3. Fabrikmaschinen | 3. Druckpumpen |
| 4. Kesselspeisepumpen | 4. Saug & Druckpumpen |
| 5. Grubenpumpen | 5. einwirkende Pumpen |
| 6. Feuerspritzen | 6. doppelt " " |
| 7. Städtische Wasserleitungen | 7. Pumpen mit Klappen |
| | 8. Pumpen mit massivem Kolben |
| | 9. " " Plunger Kolben |
| | 10 " " rotirendem Kolben |

Die einzige Hauptcharakteristik, die allen Pumpen gemein ist und dieselben von andern Wasserhebungsmaschinen unterscheidet, ist eine abwechselnde Erweiterung & Verengerung des Raumes, welchen das Wasser passiren muß.

Wir haben nun hauptsächlich das Saugen und das Heben zu Stand zu betrachten.

Den schädlichen Raum einer Pumpe nennt man den ganzen Raum zwischen Saug & Druckventil, wenn der Kolben seine tiefste Stellung hat.




Denken wir uns eine Pumpe sei in Ruhe gewesen, kein Wasser in der Röhre, die Ventile geschlossen. Ziehen wir nun den Kolben in die Höhe, so wird zunächst der schädl. Raum a oder d vergrößert, wodurch die in ihm enthaltene Luft ~~verdü~~ünnt, bis die im untern Rohr befindliche atmosph. Luft das Ventil aufdrückt; nun geht der Kolben

weiter, verdünnt immer mehr die Luft bis zuletzt die äußere atm. Luft sowol Übergewicht erlangt, daß sie das Wasser in das Rohr hineingetrieben vermag. Ist der Kolben oben angelangt, so fällt das untere Ventil vermöge seiner Schwere wieder zu, das Wasser bleibt in der Röhre stehen, der Kolben geht herunter, preßt dadurch die Luft im Raume a zusammen bis dieselbe die Kolbenventile aufstößt und nun unter ihn kommt, am Ende des Hubes angelangt schließen sich die Kolbenventile vermöge ihrer Schwere und das Spiel beginnt von Neuem. Das Wasser steigt nach einigen Kolbenhüben in der Röhre höher u. höher bis über das Ventil, sodann über die Kolbenventile und läuft zuletzt oben ab.

Wir wollen nun zuerst untersuchen, wie hoch das Wasser beim Aufsaugen in dem Rohre aufsteigt.

Heißen wir A die atm. Spannung
D den Durchmesser des Pumpenzylinders
d " " Saugrohrs
s den schädlichen Raum
h die Höhe vom Wasserspiegel bis zum Saugventil
l Kolbenhub
x. die fragliche Höhe des Wassers bei einem Hub

so ist: $A_1 + s = A$

und es muß sich erhalten:

$$A_1 : A = \left(\pi \frac{d^2}{4} h + s\right) : \left(\frac{\pi D^2}{4} l + \pi \frac{d^2}{4}(h-x) + s\right)$$

Bestimmen wir aus dieser Gleichung $A_1$, so ist

$$A_1 = A - x$$

und $$A_1 = \frac{A\left(\pi \frac{d^2}{4} h + s\right)}{\frac{\pi D^2}{4} l + \frac{\pi d^2}{4}(h-x) + s}$$

$$(A-x)\left[\frac{\pi D^2}{4}l+\frac{\pi d^2}{4}(h-x)+s\right]=A\left(\frac{\pi d^2}{4}h+s\right)$$

$$x=\frac{1}{2}\left[\left(\frac{D}{d}\right)^2 l+A+h+\frac{s}{\frac{\pi d^2}{4}}\right]+\sqrt{\frac{1}{4}\left[\left(\frac{D}{d}\right)^2 l+A+h+\frac{s}{\frac{\pi d^2}{4}}\right]^2-\left(\frac{D}{d}\right)^2 lA}$$

Das A ist nun etwa 9–10 Meter oder 28 Fuß; für Pumpen darf es jedoch nie so groß genommen werden, sondern immer nur 4 bis höchstens 7 Meter.

Wir können uns nun 2 Hauptfragen vorlegen:

1.) Welche Kraft ist nöthig zum Pumpen d. h. Heben des Wassers?

2.) Wie groß ist die Wassermenge, die überhaupt gehoben werden kann?

Die Saug- u. Druckhöhe ist eigentlich eine variable, da der Kolben sich ja stets bewegt; wir rechnen daher diese Höhen immer von der mittleren Kolbenstellung an, und nehmen diese als Grenze der Saug- u. Druckhöhe an.

Betrachten wir nun einmal den Beharrungszustand einer Pumpe.

Der Druck der atm. Luftsäule auf den Kolben von oben ist $1000\,\frac{\pi D^2}{4}A$, wenn A die Höhe der Wassersäule bezeichnet, die dem atm. Luftdruck entspricht; die Pressung des Wassers unter dem Kolben ist nur $1000\,\frac{\pi D^2}{4}(A-h)$, wenn h die Höhe des Kolbens über dem unteren Wasserspiegel bezeichnet.

Die Kraft P, also mit der man jetzt am Kolben ziehen müßte, um ihn heraufzubringen, muß gleich der Differenz dieser beiden Pressungen sein; also

$$1000\frac{\pi D^2}{4}H - 1000\frac{\pi D^2}{4}(H-h_1) = P_1$$

$$\text{oder } 1000\frac{\pi D^2}{4}h_1 = P_1 \quad \text{———} \quad (1.)$$

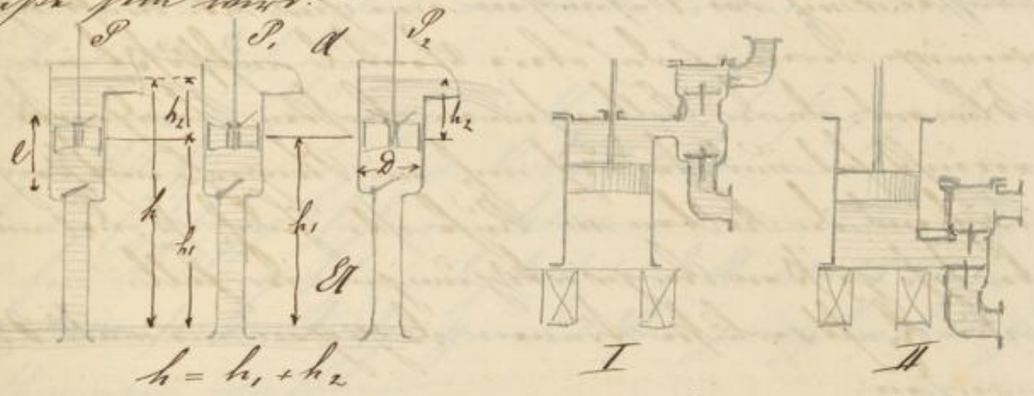
Auf dieselbe Weise finden wir $P_2$, wenn das Wasser gehoben oder gedrückt werden soll:

$$1000\frac{\pi D^2}{4}h_2 = P_2 \quad \text{———} \quad (2)$$

und endlich, wenn das Wasser zugleich gehoben und gehängt werden soll:

$$1000\frac{\pi D^2}{4}(h_1+h_2) = P \quad \text{———} \quad (3.)$$

Aus diesen $P$, $P_1$, $P_2$ können wir nun ersehen, welche Anordnung für eine gewisse Art von Pumpen die beste sein wird.

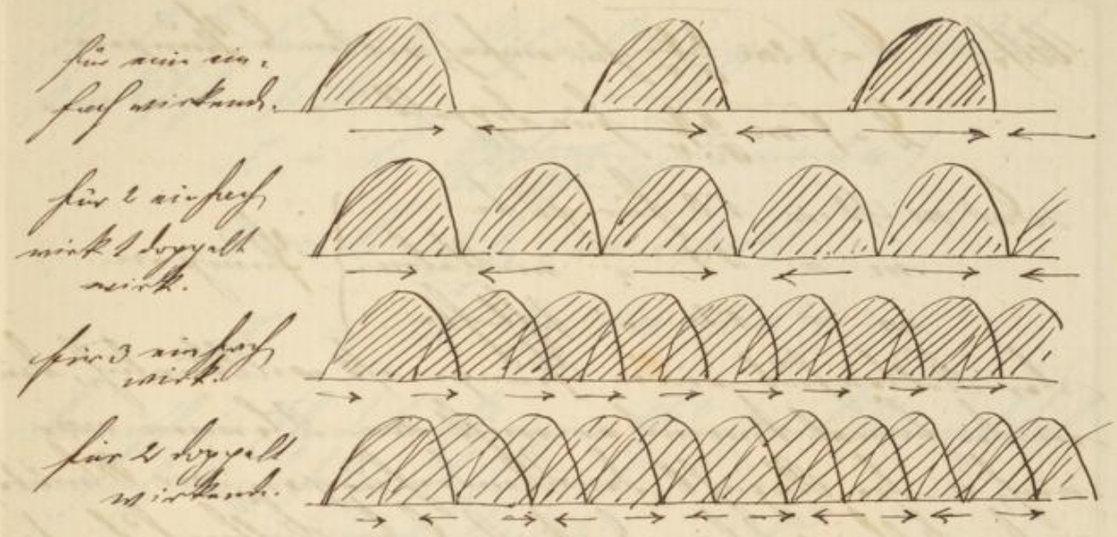



Art I oder Art II; denn bei I ist die Hängekraft beim Gehen des Gestänges und bei II ist die Hängekraft beim Drücken.

Ist $l$ die Länge des Kolbenhubes, so ist die gelieferte Wassermenge für einfachwirkende Pumpen $q_1 = \frac{\pi D^2}{4}l$ und für doppeltwirkende $q_2 = 2\frac{\pi D^2}{4}l$ pro Doppelhub.

In der That ist aber diese Wassermenge doch geringer und die nöthige Kraft größer, weil von der Arbeit an

Kolbenstangen etc., der Klappenschleunigung der Schwänge, der schlechten Ventilen etc. herrührt.
Fragen wir nun, was gut ist, damit die Kraft gering und die gelieferte Wassermenge groß wird?
Es muß folgenden Bedingungen entsprochen werden: Weite Röhren, innen glatt, langsamer Kolbenhub, große Ventile.
Bei vorzüglich gearbeiteten Pumpen können die gelieferten Wassermengen auf 0 reduzirt werden, ja es kann soweit getrieben werden, daß eine Pumpe mehr als 100 % liefert; eine ausgeführte im Schwarzwald liefert 105 %; dies kommt daher, daß das Wasser durch das Saugen eine gew. lebendige Kraft erhält vermöge deren es das obere Ventil aufstößt im Moment, wenn der Kolben seinen obersten Standpunkt erreicht hat und dadurch noch im Steigrohr aufsteigt, während der Kolben in Ruhe ist. Doch ist, das nur bei sehr großen Geschwindigkeiten der Fall.
Die Kraftverluste können dagegen niemals 0 werden.
Die Hauptbestimmungen einer Pumpe sind:
Steighöhe, Wassermenge pro Stunde, Durchmesser des Cylinders, Kolbenhub, Geschwindigkeit des Kolbens, die durchschnittlich 0·20 – 0·30 Meter sein soll.
Wollen wir die gelieferten Wassermengen verschiedener Pumpen analytisch in Kurven und Flächen darstellen, so ergibt sich das folgende Verfahren:




die Pfeile deuten die Richtung der Kolbenbewegung an. Hart, falls für das einfachste und stetigste Pumpwerk 3 einfach wirkende, deren Kurbeln unter 120° stehen.

Ist nun eine Pumpe zu construiren, so ist gegeben:

q die Wassermenge in Cub. Metern ——
h die Erhebungshöhe in Metern ——
v die Kolbengeschwindigkeit, in d. R. 20–30 cm

Hieraus ist der Durchmesser des Pumpencylinders zu bestimmen, wir haben

$$\frac{\pi D^2}{4} = q$$

Wegen der Wasserverluste ist aber die gelieferte Wasserquantität kleiner u. wir setzen daher ein an bestimmtes m zu, der bei sehr guten = 1 ist, bei guten etwas mehr als 1, bei schlechten noch etwas mehr; also haben wir dann:

$$\frac{\pi D^2}{4} = mq; \text{ u. bei einem Kolbenschub}$$

$$\frac{1}{2}\frac{\pi D^2}{4} = mq$$

Also: $D = \sqrt{m \frac{4Q}{\pi v}}$ für einfach wirkende Pumpen

$D = \sqrt{m \frac{4Q}{\pi \cdot v}}$ für doppelt " "

Das m ist = 1·0 für gute
m = 1·1 " mittelm. } Pumpen
m = 1·2 " schlechte

Der Kolbenhub einer Pumpe ist willkürlich, denn in der Formel kommt er nicht vor. Nennen wir noch n die Anzahl der Umdrehungen pro Minute, v die Kolbengeschwindigkeit, l den Kolbenhub, so ist die Kolbengeschw. in einer Sekunde ausgedrückt durch:

$$\frac{2ln}{60} = v \quad \text{und}$$

$$\frac{30v}{n} = l \quad \text{und}$$

$$\frac{30v}{l} = n$$

Von diesen 3 Größen v, l, n sind also immer 2 gegeben, die 3te kann dann leicht gefunden werden. l ist in der Regel 90 – 120 Centimeter.

Die Geschwindigkeit des Wassers sollte eigentlich in den Röhren ganz dieselbe sein wie im Cylinder; es ist dies aber nicht immer möglich, da die Röhren sonst zu weit würden. Der innere Durchm. d der Röhren bestimmt sich durch folgende Formel; wenn w die Geschwindigkeit des Wassers in derselben ist, so haben wir: $\frac{\pi d^2}{4} w = Q$

$$d = \sqrt{\frac{4Q}{\pi w}}$$

Ist $L$ die Länge der Röhrenleitung, $Z$ der Widerstandshöhe, so ist:

$$Z = L \frac{\text{Umfang}}{\text{Querschnitt}} (\alpha u + \beta u^2)$$

$$Z = L \frac{\pi d}{\frac{\pi d^2}{4}} (\alpha u + \beta u^2)$$

$$Z = L \cdot \frac{4}{d} (\alpha u + \beta u^2)$$

Die nöthige Pferdekraft einer Pumpe bestimmt sich einfach durch folgende Formel:

$$\frac{m \cdot 1000 (h + Z)}{75} = N.$$

Hierbei ist zu nehmen

$m = 1{\cdot}10$
$m = 1{\cdot}15$ } je nachdem die Pumpe gut oder schlecht ist.
$m = 1{\cdot}20$

## Praktischer Theil der Pumpen.

1. Die Ventile, kritische, Klappen u. Kugelventile.
2. Kolben, massive, Ventil- & Plungerkolben.
3. Gestänge hauptsächlich für Bergwerkspumpen.