

$$E_{\text{Pfr. kr.}} = 29, \quad \frac{q}{.44} = 39.45, \quad S = .2075, \quad \frac{Qv}{R} = 398310,$$

$$\frac{Qv}{S} = 3614541 \text{ u. s. w.}$$

Dabei wird jedoch immer vorausgesetzt, dafs kein Dampf, sey es durch die Schieber, Kolben, Sicherheitsventile u. s. w. entweicht oder verloren gehe.

Watt'sche Maschine, einfach wirkend.

295. Bei den *Watt'schen* einfach wirkenden Maschinen, welche (Niederdruckmaschinen mit Expansion und Condensation) zum Betriebe von Wasserpumpen verwendet werden, wirkt der Dampf blofs während des Niedergehens des Dampf- oder Aufsteigens des Pumpenkolbens. Sobald der Dampfkolben seinen tiefsten Stand erreicht hat, schließt sich jenes Ventil, durch welches der Dampf in den Condensator abzieht, während sich das sogenannte Gleichgewichts-Ventil öffnet und eine Communication zwischen dem Raume über und unter dem Kolben herstellt, wodurch beim darauf folgenden Aufsteigen des Kolbens der über demselben befindliche Dampf, da er unter denselben treten kann, weiter keinen Widerstand leistet, oder das Gleichgewicht zwischen dem Dampfdruck über und unter dem Kolben sehr nahe hergestellt ist.

Dieses Aufsteigen des Dampfkolbens wird durch das Gewicht des am andern Ende des Balanciers angebrachten Gestänges der Pumpe oder durch das sogenannte Gegengewicht bewirkt, welches stets auf eine zweckmäßige Weise regulirt seyn muß.

Bei Berechnung des Effectes dieser Maschine muß man berücksichtigen, dafs während des Niederganges des Dampfkolbens die Nutzlast, d. i. das Wasser und zugleich auch das Gegengewicht, welches während dieser Periode als Last erscheint, gehoben wird, dafs dagegen beim Aufsteigen des Kolbens, wobei keine Nutzleistung Statt findet, dieses Gegengewicht als die bewegende Kraft auftritt und (gerade so, wie es auch bei einem Schwungrad der Fall ist) jene Arbeitsgröße, welche zum Heben des Gewichtes verwendet wurde, wieder zurückerstattet.

Anmerkung. Da diese Maschinen nicht zu den Kurbelmaschinen gehören (oder nicht rotativ sind) und daher kein Schwungrad besitzen, so muß die Regulirung, sowohl hinsichtlich der Länge des Kolbenlaufes, als auch rücksichtlich der Anzahl der Kolbengänge per Minute durch anderweitige Mittel bewerkstelligt werden. In ersterer Beziehung wendet man

das Regulirungs-Ventil, in letzterer dagegen den sogenannten Cataract, nämlich einen, durch einen Wasserstrahl in Bewegung gesetzten kleinen Apparat (öfter auch eine kleine Druckpumpe) an, welcher, nachdem der Dampfkolben einen Lauf vollendet und seinen höchsten oder tiefsten Stand eingenommen hat, nicht unmittelbar wieder, sondern erst nach Verlauf einer gewissen und im Voraus nach Umständen bestimmten Zeit auf eine Auslösung und dadurch mittelbar beziehungsweise auf die Bewegung des Einströmungshahnes und des Gleichgewichtsventils wirkt, wodurch der Dampf neuerdings über oder unter den Kolben tritt und eine neue Oscillation einleitet.

Eine genaue und detaillirte Beschreibung dieser verschiedenen Apparate und Vorrichtungen findet man u. A. in *Pambour's theorie des machines à vapeur*.

296. Es sey nun, um zuerst die Wirkung oder Arbeitsgröße des Dampfes während des Niedergehens des Kolbens auszudrücken, wieder P der Druck, unter welchem der Dampf im Kessel erzeugt wird, P' der unbekanntere mittlere Druck des Dampfes im Cylinder auf die Flächeneinheit (also hier auf den Quadratfuß) bezogen, F die Kolbenfläche, L die Länge des Kolbenlaufes, l jener Theil davon, welcher bei offener Communication mit dem Kessel zurückgelegt wird (bevor die Expansion des Dampfes beginnt), und a der freie Raum zu jeder Seite des Cylinders (welcher vom Kolben nicht durchlaufen wird); so hat man nach der Relation (c) in Nr. 280 für die Wirkung des Dampfes während des Kolbenniederganges:

$$W_1 = F(l + a)(n + P') \left[\frac{l}{l + a} + \log n \cdot \frac{L + a}{l + a} \right] - nFL$$

Um ferner auch den Widerstand auszudrücken, so sey q die auf die Einheit der Kolbenfläche bezogene, und auf die Geschwindigkeit des Kolbens reducirte Nutzlast (von Seite der Saug- und Heb- oder Druckpumpe), q' eben so die von dem Gegengewicht herrührende Last, p der Dampfdruck von Seite des Condensators (ebenfalls auf die Flächeneinheit bezogen) und $f + \delta(q + q')$ die Reibung der mit dem Widerstande $q + q'$ belasteten Maschine, so, dafs also f die auf die Einheit der Kolbenfläche bezogene Reibung der leeren oder unbelasteten Maschine (wofür jedoch nicht blofs die eigene Reibung der Maschine, sondern zugleich auch alle, keinen Theil des Nutzeffectes ausmachenden Widerstände gehören, welche durch die Bewegung der Luft- und Warmwasserpumpe u. s. w. entstehen) und δ die Zunahme bezeichnet, welche die Reibung für jede Einheit der Last, wohin u. A. auch das Gegengewicht gehört, erhält.

Dies vorausgesetzt, erhält man für die Arbeitsgröße aller dieser Widerstände während eines Kolben-Niederganges, den Ausdruck:

$$[(1 + \delta)(q + q') + p + f] FL$$

und da dieser für das dynamische Gleichgewicht dem vorigen Werthe W_1 gleich seyn muß, so hat man, wenn man wieder Kürze halber

$$N = \frac{l}{l+a} + \log n \cdot \frac{L+a}{l+a} \dots (d)$$

setzt und gleich die Größe $n + P'$ bestimmt, für den Niedergang des Dampfkolbens:

$$n + P' = \frac{L}{l+a} \cdot \frac{1}{N} [n + (1 + \delta)(q + q') + p + f] \dots (A)$$

297. Beim Aufwärtsgen des Dampfkolbens bildet das erwähnte Gegengewicht die bewegende Kraft, während die zu überwindende Last aus den Reibungen der Maschine, dem Widerstande, welchen die Förderungspumpe beim Niedergange ihres Kolbens und jenem Widerstande zusammengesetzt ist, welchen der über dem Dampfkolben befindliche Dampf von dem Augenblicke an bildet, als das Gleichgewichtsventil geschlossen, dieser Dampf also (zur allmählichen Verzögerung der aufsteigenden Bewegung und Vermeidung eines Stofses) comprimirt wird.

Setzt man daher, da im Allgemeinen die Reibung der unbelasteten Maschine beim Aufwärtsgen des Kolbens eine andere als beim Niedergange desselben seyn wird, diese Reibung (alles wieder auf die Einheit der Kolbenfläche bezogen) = f' und den Widerstand der Förderungspumpe bei diesem Gange = q'' ; so ist FLq' die Arbeitsgröße des Gegengewichtes und $FL(f' + q'')$ jene der Maschinenreibung und des Widerstandes von Seite der Förderungspumpe während des genannten Kolbenganges.

Um ferner auch den Widerstand des nach Absperrung des Gleichgewichtsventils über dem Kolben befindlichen Dampfes zu bestimmen, bemerke man zuerst, daß so lange dieses Ventil geöffnet ist, der Dampf über und unter dem Kolben (beinahe ganz gleich) eine Spannung p' besitzt, welche einem Dampfe zukömmt, der (beim vorhergegangenen Kolbenlaufe) von dem Volumen $F(l+a)$ auf jenes $F(L+2a)$ ausgedehnt oder expandirt wurde, so daß also nach der Relation (b) in Nr. 279 sofort

$$p' = (n + P') \frac{l+a}{L+2a} - n \dots (i) \text{ ist.}$$

Nehmen wir nun an, das Gleichgewichtsventil werde in dem Augenblicke geschlossen, in welchem der aufwärtssteigende Kolben den Weg ν zurückgelegt hat und betrachten wir den Kolben in jenem Momente, in welchem er bereits den Weg $\lambda > \nu$ zurückgelegt; so wird, wenn in diesem Augenblicke der über dem Kolben befindliche, etwas comprimire Dampf die Spannung p_1 , dagegen jener unter dem Kolben befindliche, etwas mehr expandirte Dampf jene p_2 besitzt, bei dem Weiterücken des Kolbens um $d\lambda$, die Arbeitsgröße dieses Widerstandes $= (p_1 - p_2) F d\lambda$, oder da, wenn man den Raum unterhalb des Kolbens betrachtet, dem Raume $F(\nu + a)$ die Dampfspannung p' , dagegen dem Raume $F(\lambda + a)$ jene p_2 , ferner, wenn man den Raum oberhalb des Kolbens berücksichtigt, dem Raume $F(L - \nu + a)$ die Spannung p' und dem Raume $F(L - \lambda + a)$ jene p_1 zukömmt, folglich nach der vorhin genannten Relation (b):

$$p_2 = (n + p') \frac{\nu + a}{\lambda + a} - n \quad \text{und} \quad p_1 = (n + p') \frac{L - \nu + a}{L - \lambda + a} - n$$

ist, auch

$$= F(n + p') \left[\frac{L - \nu + a}{L - \lambda + a} - \frac{\nu + a}{\lambda + a} \right] d\lambda$$

oder wenn man für p' den Werth aus der vorigen Relation (i) setzt

$$= F(n + P') \frac{l + a}{L + 2a} \left[(L - \nu + a) \frac{d\lambda}{L - \lambda + a} - (\nu + a) \frac{d\lambda}{\lambda + a} \right].$$

Integrirt man nun diesen Ausdruck innerhalb der Grenzen von $\lambda = \nu$ bis $\lambda = L$, so erhält man für die gesuchte Arbeitsgröße dieses betreffenden Widerstandes, wenn man Kürze halber

$$\frac{(L - \nu + a)}{L + 2a} \log n. \left(\frac{L - \nu + a}{a} \right) - \frac{(\nu + a)}{L + 2a} \log n. \left(\frac{L + a}{\nu + a} \right) = N' \quad (e)$$

setzt, ganz einfach den Ausdruck

$$N' F L (n + P') \frac{l + a}{L},$$

welcher sofort, wie es seyn soll, für $\nu = L$ gleich Null wird. Es ist daher wieder für das dynamische Gleichgewicht und zwar beim Aufwärtsgehen des Dampfkolbens:

$$F L q' = F L (f' + q'') + N' F L (n + P') \frac{l + a}{L}$$

oder auch

$$n + P' = \frac{L}{l + a} \cdot \frac{1}{N'} (q' - f' - q'') \dots (B)$$

Anmerkung. Wie man sieht, so bilden diese beiden Relationen (A) und (B) die erste der beiden *Pambour'schen* Hauptbedingungen, so dafs also nur noch die zweite, nämlich die Gleichheit zwischen dem erzeugten und consumirten Dampfvolumen auszudrücken ist.

298. Um nun auch jene Relation zu finden, welche die Gleichheit zwischen dem erzeugten und verbrauchten Dampf ausdrückt, bemerke man, daß in dem Augenblicke (nämlich beim Beginne des Niederganges des Dampfkolbens) als der Dampf in den Condensator abzieht, dieser die Spannung p' besitzt, welche durch die obige Relation (i) gegeben ist. Ferner ist das Volumen des Dampfes, welcher bei jedem Niedergange (also bei jeder vollständigen Oscillation) des Dampfkolbens condensirt wird $= F(l' + a)$, so, daß, wenn per Minute n' Oscillationen oder Kolbenniedergänge Statt finden, das per Minute consumirte Dampf-volumen $= n' F(l' + a)$ ist.

Ist nun V die mittlere Kolbengeschwindigkeit oder der Weg per Minute, so ist $V = 2n' L$, oder wenn man, wie es bei dieser Gattung von Maschinen üblich ist, bloß den Weg v in Rechnung bringt, welchen der Kolben beschreibt während er den Nutzeffect hervorbringt, wodurch $v = n' L$, also $n' = \frac{v}{L}$ wird; so erhält man für das Volumen des per Minute in den Cylinder strömenden Dampfes, diesen unter der Spannung p' gemessen, den Ausdruck

$$Fv \frac{l' + a}{L} \dots (k)$$

Ist nun von der andern Seite S das Wasservolumen, welches im Kessel per Minute unter dem Drucke P verdampft, folglich (Relat. 1, Nr. 279) $\frac{mS}{n + P}$ das diesem Drucke P entsprechende Dampf-volumen; so geht dieses bei dem Übergange aus dem Drucke P in jenen p' , in das Volumen

$$\frac{mS}{n + P} \cdot \frac{n + P}{n + p'} = \frac{mS}{n + p'}$$

über. Setzt man daher diesen Ausdruck dem vorigen (k) gleich und substituirt unter einem für $n + p'$ den Werth aus der Relation (i) in Nr. 297, so erhält man für die noch fehlende Hauptrelation:

$$n + P' = m \frac{S}{Fv} \cdot \frac{L}{l + a} \cdot \frac{l' + a}{L + 2a} \dots (C)$$

299. Eliminirt man aus den Relationen (A) und (C), dann (B) und (C) die unbekanntene Spannung P' (was bei dieser Form der genannten Relationen ganz einfach ist), so erhält man:

$$\frac{1}{N} [n + (1 + i)(q + q') + p + f] = m \frac{S}{Fv} \cdot \frac{L + 2a}{l' + a}$$

$$\text{und} \quad \frac{1}{N'} (q' - q'' - f') = m \frac{S}{Fv} \cdot \frac{L + 2a}{l' + a}$$

Setzt man ferner den Werth von q' aus der letztern dieser beiden Gleichungen in die erstere, so erhält man aus der entstehenden Gleichung, je nachdem man sie in Beziehung auf v , Q und S auflöst, und wenn man noch $q + q'' = r$ und $Fr = Q$ setzt, die zur Auflösung der verschiedenen Probleme nöthigen Relationen:

$$v = m \frac{S}{F} \cdot \frac{L + 2a}{l' + a} \cdot \frac{N - (1 + \delta)N'}{(1 + \delta)r + n + p + f + (1 + \delta)f'} \quad (1)$$

$$Q = Fr = m \frac{S}{v} \cdot \frac{L + 2a}{l' + a} \left(\frac{N}{1 + \delta} - N' \right) - \frac{F}{1 + \delta} [n + p + f + (1 + \delta)f'] \quad (2)$$

$$S = \frac{Fv}{m} \cdot \frac{l' + a}{L + 2a} \cdot \frac{(1 + \delta)r + n + p + f + (1 + \delta)f'}{N - (1 + \delta)N'} \quad (3)$$

$$E = Qv = Frv \quad (4)$$

wobei N und N' die in Nr. 296 (Relat. d) und Nr. 297 (Relat. e) angegebenen Werthe besitzen.

Anmerkung. Da in den gewöhnlichen Fällen die GröÙe l' nicht im Voraus gegeben ist, sondern von dem Gegengewicht q' abhängt, so kann man, um l' als Function von q' auszudrücken, aus den obigen Relationen (A) und (B), ferner auch aus jenen (B) und (C) die GröÙe P' eliminiren, wodurch man erhält:

$$N' = N \frac{q' - q'' - f'}{(1 + \delta)(r + q' - q'') + n + p + f}$$

$$\text{und} \quad N' \frac{L + 2a}{l' + a} = \frac{Fv}{mS} (q' - q'' - f')$$

Pambour stellt zur leichtern Berechnung des Quotienten von $\frac{l'}{L}$ aus diesen beiden Gleichungen, wenn nebst deren Gegengewicht q' in der erstern die Belastung r und in der letztern die Geschwindigkeit v gegeben ist, eigene Tabellen auf. Eben so erhält man aus den von ihm im Voraus berechneten Tabellen für gegebene Werthe von $\frac{l}{L}$ und $\frac{l'}{L}$ unmittelbar die obigen GröÙen N und N' , so wie umgekehrt die erstern Quotienten, wenn diese letzteren GröÙen gegeben sind.

300. Da man von den in den vorigen Formeln (1) bis (4) vorkommenden GröÙen bei derselben Maschine jene v oder r , $\frac{l}{L}$ und q' , damit also auch $\frac{l'}{L}$ verändern kann; so läÙt sich 1^{stens} die Belastung oder Geschwindigkeit bestimmen, für welche bei einem gegebenen Gegengewicht q' und einer gegebenen Absperrung l , 2^{tens} das Gegengewicht finden, für welches bei gegebener Absperrung, und 3^{tens} das

Absperrungsverhältniß $\frac{l}{L}$ bestimmen, bei welchem der Effect der Maschine am größten ist.

Ohne hier in weitere Auseinandersetzungen eingehen zu können, so findet man auf eine ähnliche Weise wie bei den früher behandelten Maschinen, daß bei einem gegebenen Werthe von q' und $\frac{l}{L}$ der Nutzeffect am größten wird, wenn die Nutzlast r am größten (vergl. Relat. 4 und 1), folglich (Relat. A) wenn $P' = P$ ist; dadurch wird in diesem Falle:

$$v' = m \frac{L + 2a}{l' + a} \cdot \frac{L}{l + a} \cdot \frac{S}{F} \cdot \frac{1}{n + P} \dots (5)$$

und

$$Q' = F r' = F \frac{l + a}{L} \left(\frac{N}{1 + \delta} - N' \right) (n + P) - \frac{F}{1 + \delta} [n + p + f + (1 + \delta)f'] \dots (6)$$

Was ferner die Bestimmung des vortheilhaftesten Gegengewichtes q' betrifft, so hängt dieses Gewicht, wie bereits bemerkt, von dem Werthe von l' ab, so, daß man jenen Werth von l' suchen muß, für welchen der Nutzeffect E am größten wird.

Multiplicirt man daher die beiden vorigen Gleichungen (5) und (6) miteinander, setzt dann für N' den Werth aus Nr. 297, sucht den Differenzialquotienten $\frac{d.Q'v'}{dl'}$ und setzt diesen gleich Null; so erhält man daraus für das Maximum von E :

$$\log n. \left(\frac{L - l' + a}{a} \right) = \frac{N}{1 + \delta} - \frac{1}{1 + \delta} \cdot \frac{L}{l + a} \cdot \frac{n + p + f + (1 + \delta)f'}{n + P} \dots (7)$$

so, daß also durch diese Relation für einen gegebenen Werth von $\frac{l}{L}$ der vortheilhafteste Moment für das Schließen des Gleichgewichtsventils beim Aufsteigen des Dampfkolbens und mit diesem Werthe von l' , sofort auch das dem größten Nutzeffect entsprechende Gegengewicht aus der Relation (B) (Nr. 297), in welcher man nur P statt P' zu setzen hat, gegeben ist, und zwar hat man:

$$q' = \frac{l + a}{L} N' (n + P) + f' + q'' \dots (8)$$

Was endlich das vortheilhafteste Absperrungsverhältniß betrifft, wobei das absolute Maximum des Nutzeffectes eintritt, so findet man, wenn man sich zur Vereinfachung der Entwicklung erlaubt $l' = L$ zu setzen, wodurch $N' = 0$ wird:

$$\frac{l}{L} = \frac{n + p + f + (1 + \delta)f'}{n + P} \quad (9)$$

Anmerkung. Was den Gang der Rechnung betrifft, so muß man, um das absolute Maximum des Nutzeffectes zu erhalten, zuerst aus dieser Relat. (9) die Absperrung l suchen, damit aus (7) den Werth l'' bestimmen, mit l und l'' aus (8) das Gegengewicht q' berechnen und endlich aus (6) die Belastung Q bestimmen. Kämen durch diese Berechnungen für die Absperrung, die Belastung und das Gegengewicht Werthe zum Vorschein, welche für die Praxis nicht ganz geeignet erscheinen (so fällt z. B. das Absperrungsverhältniß $\frac{l}{L}$ in der Regel immer zu klein aus), so würde man sich mit solchen Werthen begnügen müssen, welche von diesen berechneten so wenig als möglich abweichen.

301. Was endlich die numerischen Werthe der verschiedenen Coefficienten bei dieser Maschine betrifft, so kann man nach *Pambour* annehmen:

$$p = 500, \quad f = \frac{210}{D}, \quad f' = \frac{300}{D}, \quad \delta = \cdot 14, \quad a = \cdot 1 L, \quad m = 3571490$$

und $n = 218$.

Da die absolute Dampfspannung im Kessel von 15 bis 18 Pfund auf den englischen Quadratzoll beträgt, so kann man als Mittelwerth setzen $P = 14 \cdot 5 \times 144 = 2088$.

Auch ist, wie bei den früheren Maschinen, $S = \cdot 95 S'$ zu nehmen.

Beispiel 1. Nach *Pambour's* Angabe besteht zu *Old-foild* in *East London Waterworks* eine Maschine von diesem Systeme, wovon die Dimensionen und Daten nach englischem Mafß in folgendem bestehen:

Durchmesser des Cylinders 60 Zoll, oder Fläche des Kolbens nach Abschlag der Kolbenstange 19·507 Quadratf., Kolbengang 7·91 F., Lauf bei offener Communication 5 F., Kolbengang beim Aufsteigen bis zum Absperrn des Gleichgewichtsventil 7·91 F. (der Kolben wird durch die neue Dampfzuströmung aufgehalten), freier Raum zu beiden Seiten des Cylinders $\frac{1}{10}$ des Kolbenganges, absolute Dampfspannung im Kessel 17·70 Pf. auf den Quadratzoll oder 2549 Pf. auf den Quadratf., absoluter Druck im Condensator 49 Pf. auf den Quadratzoll oder im Cylinder 1·57 Pf., folglich beträgt dieser Druck 226 Pf. auf den Quadratfuß. Verdampftes Wasser in $58\frac{1}{2}$ Stunden 182·307 Pf. was nach Abzug des condensirten Wassers in dem Mantel des Cylinders eine Brutto-Verdampfung von 813, oder wenn man davon $\frac{1}{20}$ für das mechanisch mitgerissene Wasser abzieht, eine effective Verdampfung von 772 Kubikfuß per Minute gibt. Die Consumption der Kohlen erster Qualität,

wovon 1 Pfund 8·301 Pfund Wasser verdampfte, betrug 6·257 Pf. per Minute. Das Gegengewicht beträgt, auf den Quadratzoll der Kolbenfläche reducirt 2·120 Pfund, oder auf den Quadratfuß 305 Pfund. Der Widerstand der Pumpe beträgt beim Niedergang derselben, also beim Aufsteigen des Dampfkolbens ·25 Pfund per Quadratzoll, also 360 Pf. per Quadratfuß der Kolbenfläche. Die Reibung der leeren Maschine (jedoch mit Inbegriff der Kaltwasser- zu ·104 und Warmwasserpumpe zu ·019 Pf.) beträgt auf den Quadratzoll ·606, also auf den Quadratfuß der Kolbenfläche 87 Pfund beim Herabgehen und, wenn man für die Luftpumpe per Quadratzoll 1·388 Pf. hinzufügt, 269 Pfund beim Hinaufgehen des Dampfkolbens. Endlich machte diese Maschine während der Beobachtungszeit von $58\frac{1}{2}$ Stunden 39901 einfache Kolbengänge, was eine mittlere Kolbengeschwindigkeit von 89·92 Fuß per Minute gibt. Die in dieser Zeit gehobene Wassermenge, welche noch durch directe Messungen verificirt wurde, bildete eine Nutzlast von 9·235 Pf auf den Quadratzoll der Kolbenfläche.

Mit diesen Werthen erhält man auf das Wiener Mafs reducirt:

$$D = 4·821, F = 18·135, L = 7·627, \frac{l}{L} = ·63, \frac{l'}{L} = 1, a = ·1 L, \\ P = 2220·3, p = 196·87, S = ·692, R = 5·0674, q' = 265 684, \\ q'' = 31·359, f = 75 784, f' = 234·323, \delta = ·14, r = q + q'', \\ m = 3571490, n = 218 \text{ und } v = 86·78.$$

Mit diesen Werthen folgt zuerst (Nr. **296**, Relat. *d*) $N = 1·27298$ und (Nr. **297**, Relat. *e*) $N' = 0$, folglich ist (Nr. **299**, Formel 2):

$$Q = Fr = 226367^{\text{F. Pf.}} \text{ und } E = Qv = 1964413^{\text{F. Pf.}}$$

$$\text{oder } E_1 = \frac{1964413}{25800} = 76 \text{ Pferdekräfte. *)}$$

Ferner folgt noch:

$$r = 1248·24, q = 1216·88, \frac{r}{144} = 8·669, \frac{q'}{144} = 1·845, \\ \frac{Qv}{S} = 2839000, \frac{Qv}{R} = 387690, \frac{25800R}{Qv} = ·0666, \frac{25800S}{Qv} = ·00909, \\ \frac{Qv}{25800R} = 15, \frac{Qv}{25800S} = 110,$$

so wie sich endlich der Kohlenverbrauch auf die sehr niedrige Ziffer von 4 Pfund per Stunde und Pferdekraft dabei herausstellt.

*) *Pambour* findet für dieses Beispiel in Folge eines Rechnungsfehlers statt 76 nur 74 Pferdekräfte und zwar soll statt der von ihm für Q angegebenen Zahl oder Nutzlast 27143 jene 27967 stehen.

Beispiel 2. Nimmt man bei derselben Maschine verschiedene, so wie auch nach Formel (9) in Nr. 300 jenes Absperrungs- oder Expansionsverhältniss an, welches dem absoluten Maximum zukömmt, sucht dann zu jedem dieser Werthe von $\frac{l}{L}$ nach Gleich. (7) den vortheilhaftesten Absperrungsmoment des Gleichgewichtsventil, hierauf nach der Formel (8) das entsprechende Gegenwicht q' und endlich zufolge der Gleichungen (5) und (6) die diesen Werthen entsprechende vortheilhafteste Geschwindigkeit und Nutzlast; so erhält man nach den Berechnungen von *Pambour* auf das Wiener Mafs reducirt:

	Max. des Nutzeffectes		
$\frac{l}{L}$. . . =	·63 . . .	·50 . . .	·29
$\frac{l'}{L}$. . . =	·88 . . .	·87 . . .	·85
$\frac{q'}{144}$. . . =	2·448 . .	2·473 . .	2·477
v' . . . =	91·33 . .	112·72 . .	176·77
$Q' = Fr'$. . =	24221·5 . .	21617 . .	15082
$\frac{r'}{144}$. . . =	8·621 . .	7·694 . .	5·368
S . . . =	·692 . . .	·692 . . .	·692
E . . . =	2056672 . .	2265469 . .	2478764
E_1 . . . =	80 . . .	88 . . .	96

Anmerkung. Obschon durch eine frühere Absperrung, wie diese Werthe zeigen, der Nutzeffect von 76 auf 96 Pferdekräfte gesteigert werden kann, so ist es doch möglich, dafs 1) der Gang der Maschine dadurch zu irregulär wird, 2) die Nutzlast, gegenüber der vielleicht schon bestehenden Pumpen zu klein und 3) die Geschwindigkeit des Kolbens zu groß und für die Conservirung der Maschine nachtheilig wird, so, dafs man sich bestimmt finden kann, die im ersten Beispiele angegebene Anordnung, wenn auch auf Kosten des Nutzeffectes, vor jener den Vorzug zu geben, welche dem Maximum des Nutzeffectes entspricht. Gleichwohl muß man für jede Maschine jene Bedingungen kennen lernen, für welche der Nutzeffect ein Maximum wird, um sich diesen wenigstens so weit wie möglich zu nähern.

Wir haben diese hier in Rede stehende, in dem berühmten Etablissement von *Boulton* und *Watt* ausgeführte Maschine schon bei unserer ersten Anwesenheit in England (J. 1839) in Thätigkeit gesehen und ihre Leistung beobachtet. Nach den darüber erhaltenen und genommenen Notizen, hat der Piston oder Kolben der Wasserpumpe 33 engl. Zoll im Durchmesser, er saugt beim Niedergehen und hebt oder preßt beim Aufwärtsgehen das zu hebende Wasser in einen mit dem Hauptleitungsrohr

communicirenden Windkessel, von beiläufig 6 Fufs Durchmesser und 8 Fufs Höhe, von wo es dann nachhaltiger und gleichförmiger in die verschiedenen Leitungs- und Vertheilungsröhren getrieben wird.

Der Balancier schlägt an jedem der beiden Enden, im Falle der Dampfzuflufs zu grofs ist, auf zwei elastische Polster, wovon einer mit einer Glocke in Verbindung steht, um den Maschinenwärter aufmerksam zu machen, dafs dieser Zuflufs zu mäfsigen sey. Eine über zwei Rollen laufende Schnur ohne Ende bietet dem Wärter, er mag sich bei der Maschine unten oder in einer höhern Etage befinden, ein einfaches Mittel dar, den Steuerungs- oder Dampfzuflufs-Hahn augenblicklich und jederzeit nach Bedürfnifs zu reguliren.

Aufserdem war auf dem Balancier noch der *Watt'sche* Hubzähler angebracht (ein in einem Kästchen eingeschlossenes Uhrwerk, dessen liegendes Pendel, durch die Oscillationen des Balancier in vollkommen damit übereinstimmende Schwingungen versetzt, das Zählwerk in Thätigkeit bringt), um den Kohlenverbrauch gegen die Leistung der Maschine genau ermitteln zu können.

Cornwall Maschine von einfacher Wirkung.

302. Was endlich die *Cornwall* Maschine von einfacher Wirkung anbelangt, so weicht sie von der eben erörterten einfach wirkenden *Watt'schen* Maschine nur darin ab, dafs sie 1stens eine Hochdruckmaschine ist, bei welcher die Dampfspannung im Kessel von 2 bis 5 Atmosphären beträgt, 2stens dafs die Expansion dabei viel weiter getrieben und häufig schon bei $\frac{1}{10}$ des ganzen Kolbenlaufes abgesperrt wird, und dafs 3stens die Arbeit, d. i. die Hebung der Wassersäule, nicht während des Niederganges des Dampfkolbens, sondern während des Niedergehens des Gegengewichtes Statt findet.

Während nämlich der Dampf aus dem Kessel in den obern Theil des Cylinders, also über den Kolben zugelassen wird, steht der untere Theil desselben mit dem Condensator in Verbindung, in welchen der bereits gewirkte Dampf abzieht. Nachdem der abwärts gehende Kolben, in welcher Periode das Pumpengestänge sammt dem Gegengewichte gehoben wird, einen gewissen Weg zurückgelegt hat, wird der Dampfzuflufs abgesperrt, so, dafs der Kolben seinen Lauf nur durch das Beharrungsvermögen und die Expansionskraft des Dampfes vollendet und dabei seine Geschwindigkeit allmählig bis auf Null herabgebracht wird. Um jedoch dabei jedem Stofse des Kolbens gegen den Cylinderboden vorzubeugen, stößt der Balancier auf dieser Seite mittelst eines Querstückes auf elastische Polster.

Sobald der Kolben seinen Lauf vollendet hat, wird das Abzugsventil in den Condensator geschlossen, dagegen das Gleichgewichtsventil geöffnet, wodurch der Dampf aus dem obern Raum des Cylinders in den untern strömen und so das Gleichgewicht zwischen dem Drucke gegen beide Kolbenflächen herstellen kann. Von diesem Momente an sinkt das gehobene Gegengewicht herab, bringt den Kolben an die Decke des Cylinders und übt zugleich den Nutzeffect aus. Bevor der Kolben noch ganz oben angelangt ist, wird das Gleichgewichtsventil geschlossen, dadurch der noch über dem Kolben befindliche Dampf comprimirt und so der erstere allmählig zum Stillstand gebracht, wozu auch noch im Brunnen selbst eine Haltvorrichtung gegen die Haupt-Pumpenstange zur Vorsicht angebracht ist.

Von da an beginnt, durch das Öffnen des Dampf-Zuströmungsventils, der Kolbenlauf nach abwärts von neuem.

Bei den vormals angewendeten Pumpen hatte die unterste die Einrichtung einer Hebepumpe und wirkte während des Niederganges des Dampfkolbens, während die übrigen die Hauptlast bildenden Druckpumpen, wie bereits bemerkt, während des Aufsteigens des Dampfkolbens arbeiteten. In der neuern Zeit wendet man jedoch auch d o p p e l t wirkende Druckpumpen an, welche den großen Vortheil gewähren, daß die Leitungsröhren unter übrigens gleichen Umständen, enger oder von einem geringeren Durchmesser seyn können.

Anmerkung. Wir haben eine solche doppelt wirkende Druckpumpe in Fig. 170 dargestellt, deren Wirkungsart aus dem bloßen Anblicke der Figur erhellet. Beim Niedergehen des Druckkolbens *K* schliessen sich nämlich die beiden Ventile *a'*, *b*, während sich jene beiden *a*, *b'* öffnen; das unter dem Kolben befindliche Wasser wird durch das Gurgelrohr *C* in das Steigrohr *E* gedrückt, während gleichzeitig das Wasser durch das Saugrohr *A* angesaugt und in den Pumpenkörper oder Stiefel *F* über den Kolben tritt. Beim Aufziehen des Kolbens öffnen sich die Ventile *a'*, *b*, während sich jene *a*, *b'* schliessen; das über dem Kolben befindliche Wasser wird in das Steigrohr *E* getrieben und gleichzeitig durch das Saugrohr *B* das Wasser angesaugt und in den Stiefel *F* unter den Kolben gebracht, u. s. w. fort.

Die hier angedeuteten Ventile sind nach der Angabe von *Harvey* und *Wert* mit doppeltem Sitz und zwar von ungleicher Größe, so, daß sich der beim Öffnen oder Schliessen äussernde Druck nur nach ihrer Differenz richtet und daher beliebig regulirt werden kann, so wie diese Ventile auch noch den Vortheil besitzen, daß sie sich ohne Stofs schliessen, und dem Wasser augenblicklich den Zugang oder Abflufs gestatten oder denselben verhindern.

Ein solches Ventil, welches auch seiner Ähnlichkeit mit einer Krone wegen, Kronventil genannt wird und in Fig. 170, *a* im geschlossenen, in Fig. 170, *b* im offenen Zustande im größern Maßstab dargestellt ist, besteht aus einem unbeweglichen Theil *abcd* und einem beweglichen Theil *efgh*. Der erstere bildet einen oben geschlossenen Cylinder, welcher am Umfange durchbrochen oder mit Öffnungen (Fenstern) versehen ist, durch welche das Wasser (oder bei Dampfventilen der Dampf) von außen nach innen treten kann; der bewegliche Theil oder das eigentliche Ventil ist an seinem Umfange ohne Durchbrechung, dagegen an der obern Basis der Fläche offen. Ist dieses Ventil wie in Fig. 170, *a* geschlossen, so ist jeder Zufluss des Wassers (oder Dampfes) abgesperrt, wird dieses dagegen, wie in Fig. 170, *b*, ganz oder selbst nur zu einem ganz kleinen Theil gehoben, so wird dem Wasser (oder Dampf) sogleich ein beträchtlicher Durchgang geöffnet, indem die Seitenöffnungen augenblicklich, theils über, theils unter dem Halse *gh* gänzlich frei werden. Ein weiterer Vortheil dieses Ventiles besteht darin, daß der Druck des Wassers (oder Dampfes) nur auf jene beiden schmalen Ränder oder Flächen, welche die ringförmigen Ventilsitze *ab* und *cd* bilden, Statt findet, dieses also sehr leicht, ohne merkliche Kraftanstrengung bewegt werden kann.

303. Behält man dieselbe Bezeichnung wie bei der *Watt'schen* Maschine in Nr. **296**, nach welcher *D* den Durchmesser des Cylinders, *F* die Kolbenfläche, *L* den ganzen Kolbenlauf, *l* jenen Theil davon, welcher bei offener Communication abwärts zurückgelegt wird, *l'* jenen Theil, welcher beim Aufwärtsgehen bis zum Absperrn des Gleichgewichtsventil durchlaufen wird, *q* die auf die Flächeneinheit und Geschwindigkeit des Dampfkolbens reducirte Last der Hebepumpe, welche beim Niedergehen des Dampfkolbens das Wasser in das Reservoir für die Druckpumpe hebt, *q'* das eben so reducirte Gegengewicht, *p* den Dampfdruck von Seite des Condensators, *f* die (immer auf die Einheit der Kolbenfläche reducirte) Reibung der leeren Maschine bei diesem Kolbengang, $\delta(q + q')$ die Zunahme der Reibung wegen des Gegengewichtes *q'* und der Last *q*, welche von der Hebepumpe und überhaupt allen zum Nutzeffect beitragenden Pumpen herrührt, *f'* die Reibung der leeren Maschine beim Aufwärtsgehen des Dampfkolbens (mit Inbegriff des von der Luft- und Kaltwasserpumpe u. s. w. herrührenden Widerstands), *q''* die Haupt-Nutzlast der Druckpumpe, bei diesem Kolbengange auf die Flächeneinheit und Geschwindigkeit des Dampfkolbens reducirt (welche Last keine additionelle Reibung zu *f'* erzeugt, weil dieser Widerstand *q''* unmittelbar, ohne Vermittlung der Maschine von dem Gegengewicht in Bewegung gesetzt wird), *a* den freien Raum zu beiden Seiten des Cylinders, *P* den Druck des Dampfes auf die Flächen-

einheit im Kessel und P' jenen beim Eintritt in den Cylinder, v die mittlere Kolbengeschwindigkeit, nach der Anzahl der die Nutzleistung erzeugenden Kolbengänge gemessen und endlich S die effective Wasserverdampfung im Kessel bezeichnet; so hat man genau wie bei der *Watt'schen* Maschine, für den Niedergang des Dampfkolbens (Nr. 296):

$$n + P' = \frac{L}{l+a} \cdot \frac{1}{N} [(1 + \delta)(q + q') + n + p + f] \dots (A)$$

wobei $N = \frac{l}{l+a} + \log n \cdot \frac{L+a}{l+a}$ ist;

dagegen für das Aufwärtsgehen desselben (Nr. 297):

$$n + P' = \frac{L}{l+a} \cdot \frac{1}{N'} (q' - q'' - f') \dots (B)$$

wobei $N' = \frac{L-l+a}{L+2a} \log n \cdot \left(\frac{L-l+a}{a}\right) - \frac{l+a}{L+2a} \log n \cdot \left(\frac{L+a}{l+a}\right)$ ist; so wie endlich als Bedingung, daß die erzeugte Dampfmenge der verbrauchten gleich ist (Nr. 298):

$$n + P' = m \frac{S}{Fv} \cdot \frac{L}{l+a} \cdot \frac{L+2a}{l+a} \dots (C)$$

durch dasselbe wie in Nr. 299 und Nr. 300 angewendete Verfahren, erhält man aus diesen Relationen (A), (B), (C), wenn wieder $q + q'' = r$ und $F'r = Q$ gesetzt wird, genau die in diesen beiden Nrn. aufgestellten Formeln (1) bis (9), welche wir also hier nicht wieder ansetzen, mit alleiniger Ausnahme der Formel (8), welche dort aus der Relation (B), hier aber aus jener (A) erhalten wird, wenn man P statt P' setzt. Man erhält nämlich dadurch:

$$q' = \frac{N}{L} (n + P)(l+a) - (n + p + f) \frac{1}{1 + \delta} - q \dots (8)$$

so, daß also das dem absoluten Maximum, also auch dem durch die Relation (9) (Nr. 300) ausgedrückten Absperrungsverhältniß $\frac{l}{L}$ entsprechende Gegengewicht q' hier als eine Function dieses Verhältnisses $\frac{l}{L}$, dort dagegen als eine Function des Verhältnisses $\frac{l'}{L}$ erscheint, was damit zusammenhängt, daß bei der *Cornwall* Maschine der Dampfkolben während seines Niederganges nicht auf die variable Last der Maschine wirkt, so, daß für den Fall des Maximum des Nutzeffectes, d. i. von $P' = P$ die Relation (A) aufser q' und $\frac{l}{L}$ keine unbestimmte GröÙe enthält, dagegen bei der *Watt'schen* Maschine gerade umgekehrt

der Kolben beim Hinaufgehen ohne Nutzlast arbeitet und es dann die Relation (B) ist, welche die beiden unbestimmten Größen q' und $\frac{l'}{L}$ enthält, wovon die eine als Function der andern ausgedrückt werden kann.

304. Für die practische Anwendung der hierher gehörigen Formeln kann man nach *Pambour*, auf das W. Mafs reducirt, setzen:

$f = \frac{270}{D}$, $f' = \frac{150}{D}$, $\delta = \cdot 07$, $p = 95$ (für gute Maschinen), $a = \cdot 05 L$, $S = S'$, $m = 3571490$ und $n = 218$. Der Werth von P kann bei diesen Maschinen von 3700 bis 9000 variiren.

Beispiel. Bei einer neuerlich in den Wasserwerken zu *Old-ford* (*East-London Waterworks*) nach diesem Systeme aufgestellten Maschine, worüber der leitende Ingenieur *Th. Wicksteed* eine Reihe von sehr genauen Versuchen und Beobachtungen veröffentlichte (*An experimental inquiry concerning the Cornish and Boulton and Watt pumping engines. Weate, London, 1841*), findet Folgendes Statt.

Nach englischem Mafs hat der Cylinder einen Durchmesser von 80 Zoll, die Kolbenfläche nach Abschlag der Kolbenstange $34\cdot 858 \square F.$, der Kolbenlauf 10 Fufs, der freie Raum zu beiden Seiten beträgt $\cdot 05$ dieses Laufes, das Absperrungsverhältnifs betrug in den 5 Experimenten der Reihe nach $\cdot 603$, $\cdot 477$, $\cdot 397$, $\cdot 352$, $\cdot 313$ ($= \frac{l'}{L}$), der bis zum Verschlusse des Gleichgewichtsventils zurückgelegte Weg des Kolbens berechnet sich (da nämlich hier dieses Ventil allmählig verengt und dann erst geschlossen, also auch der Dampf über dem Kolben nur allmählig comprimirt wird, so muß der Punct, wo man sich das Ventil plötzlich geschlossen denken kann, aus der Relation $\frac{F(L + a - l')}{Fa} = \frac{p'}{p}$, wobei p den Dampfdruck, im Moment als die freie Communication durch das Gleichgewichtsventil gehemmt und p' den Dampfdruck über dem Kolben nach Vollendung seines Laufes bezeichnet, berechnet werden) zu $9\cdot 85$ oder es ist $l' = \cdot 985 L$ *), die absolute Dampfspannung im Kessel betrug

*) Bei dieser Maschine betrug nämlich der ursprüngliche Dampfdruck über dem Kolben, vor jeder Comprimirung 6·7 Pf. auf den Quadratzoll, dagegen nach vollendetem Kolbenlauf (in dem freien Raum $\cdot 05 L$) 8·7 Pf., also ist näherungsweise $6\cdot 7 : 8\cdot 7 = \cdot 05 L : x = \cdot 065 L$; da nun auch $x = L + a - l' = L + \cdot 05 L - l' = 1\cdot 05 L - l'$ ist, so folgt $l' = \cdot 985 L$.

beziehungsweise 30·45, 34·7, 42·7, 45·7, 51·7 Pfund auf den Quadratzoll, die Verdampfung des Wassers per Minute eben so ·72770, ·76330, ·62454, ·61514, ·61160 Kubikfufs, der Kohlenverbrauch (einer sehr guten Qualität, wovon 1 Pfund 9·493 Pf. Wasser verdampfen kann) stellte sich beziehungsweise zu 4·791, 5·025, 4·112, 4·050, 4·026 Pfund per Minute, der Gegendruck von Seite des Condensators betrug ·730 Pf. auf den Zoll.

Ferner gab die Hebpumpe, welche während des Niederganges des Dampfkolbens wirkt und das Wasser in das Reservoir der Druckpumpe hebt, ·821 Pf. auf den Quadratzoll der Kolbenfläche reducirt, die während des Aufsteigens des Dampfkolbens wirksame Druckpumpe gab eben so reducirt 10 259 Pf., so, dafs also die gesammte Last des während einer Oscillation gehobenen Wassers 11·090 Pf. auf den Quadratzoll beträgt; das Gegengewicht eben so reducirt gab 11·037 Pf. auf den Quadratzoll; die Reibung der leeren Maschinen betrug ohne ihre Pumpen ·185 Pfund auf den Quadratzoll der Kolbenfläche reducirt, dazu für die Warmwasserpumpe, welche beim Aufsteigen des Dampfkolbens wirkt, ·001 Pf., gibt für das Aufsteigen die Reibung von ·186 Pf.; dagegen für die beim Niedergehen des Kolbens wirksame Kaltwasserpumpe ·037 und für die Luftpumpe ·117 Pf. hinzugefügt, gibt für die gesammte Reibung während dieses Kolbenganges 339 Pf. auf den Quadratzoll der Dampfkolbenfläche.

Pambour findet nun mit diesen Werthen in den 5 genannten Versuchen (wobei noch ausserdem nach englischem Mafs $m = 4100000$ und $n = 250$ ist) nach der obigen Formel (1) in Nr. 299 für die Geschwindigkeit der Maschine beziehungsweise 58·59, 69·92, 62·28, 65·02, 67·84 Fufs per Minute, während die directen Versuche folgende Werthe gegeben haben: 60·35, 73·81, 62·95, 64·23, 69·87, woraus eine sehr befriedigende Übereinstimmung der Rechnung mit den Versuchen hervorgeht.

Anmerkung 1. *Pambour* berechnet noch für eine mittlere Dampfspannung im Kessel von 50 Pf. auf den Quadratzoll, für eine Verdampfung von ·66846 Kubikfufs Wasser und einem Kohlenverbrauch von 4·401 Pfund per Minute, die Geschwindigkeit, den Effect u. s. w. dieser Maschine, bei verschiedenen Absperrungsverhältnissen und zwar bei den, diesen Verhältnissen entsprechenden vortheilhaftesten Gegengewichten, Absperrungen des Gleichgewichtsventiles und Belastungen des Dampfkolbens.

Da nun für diesen Fall, auf das Wiener Mafs bezogen, $D = 6·428$, $F = 32·407$, $L = 9·642$, $a = ·05 L$, $p = 92$, $P = 6271·85$, $R = 3·564$, $S = ·59924$, $q = 102·98$, $q' = 1384·44$, $q'' = 1288·12$, $r = q + q'' = 1391·10$, $f = 42·523$, $f' = 23·331$ ist, so hat man (mit den vorigen

Werthen von m , n , δ und da beziehungsweise $N = 1.955$, 2.235 und 2.613 , Compend. S. 498, so wie $N' = 2300$, 3390 und 4979 wird):

	Max. des Nutzeffctes			
$\frac{l}{L}$	=	.30 . . . . .	.20 . . . . .	.10
$\frac{q'}{144}$	=	25.83	20.53	13.50
$\frac{l'}{L}$	=	.78 . . . . .	.72 . . . . .	.65
v'	=	38.47	57.79	106.62
$Q' = Fr'$	=	106167.7	80570	49887.5
$\frac{r'}{144}$	=	22.70	17.26	10.69
S	=	.59924 . . . . .	.59924 . . . . .	.59924
E	=	4073548	4655821	5319205
$E_{\text{Pf.kr.}}$	=	158	180	206
$\frac{Q' v'}{R}$	=	1142971	130635	149250
$\frac{Q' v'}{S}$	=	6797900	7769560	8876600
$\frac{25800 R}{Q' v'}$	=	.0226 . . . . .	.0198 . . . . .	.0173
$\frac{25800 S}{Q' v'}$	=	.0038 . . . . .	.0033 . . . . .	.0029
$\frac{Q' v'}{25800 R}$	=	44.30	50.63	57.85
$\frac{Q' v'}{25800 S}$	=	263.41	301.06	343.96

Da man endlich für das absolute Maximum aus der Relation (9) in Nr. 300 $\frac{l}{L} = .0581$ findet, so erhält man noch für dieses Expansions- oder Absperrungsverhältnifs (wegen $N = 2.8109$ und $N' = .54005$):

$\frac{l}{L}$	=	.0581
$\frac{q''}{144}$	=	9.795 Pfund,
$\frac{l'}{L}$	=	.6317,
v''	=	151.94 Fufs per Minute,
$Q'' = Fr''$	=	36013.2 Pfund,
$\frac{r''}{144}$	=	7.717 Pfund,
S	=	.59924 Kubikfufs per Minute,
E	=	5471774 Fufspfund,
$E_{\text{Pf.kr.}}$	=	216 Pferdekräfte u. s. w.

Da jedoch, wie bereits bemerkt, die Maschine bei dieser sehr weit getriebenen Expansion des Dampfes einen zu ungleichförmigen Gang erhielt, so leistet man lieber auf das absolute Maximum im Nutzeffect Verzicht und sperrt den Dampf gewöhnlich schon bei $\frac{1}{3}$ seines Laufes ab.

Anmerkung 2. Bei dem bereits in Nr. 301 erwähnten Besuche der *East-London Compagnie* gehörenden Wasserwerke, haben wir auch die hier in Rede stehende von *Harve* in *Cornwall* gelieferte Dampfmaschine sammt dem Pumpwerk besichtigt und hierüber folgende Daten erhalten. Die Maschine kann nominell von 30 bis 200 Pferdekräfte arbeiten. Die Condensation ist dabei so vollkommen, das das Vacuum einen Barometerstand von 28 bis 29 Zoll zeigt, während das äußere Barometer nur 30 (englische) Zoll hoch steht. Das mit dem Pumpengestänge verbundene Gegengewicht aus Gufseisen hat nahe 500 W. Centner und besitzt die Form einer Tonne. Der Dampf wird beiläufig nach $\frac{1}{3}$ des Kolbenganges abgesperrt. Die Maschine arbeitete damals etwas schneller, indem der Kolben per Minute etwas über 8 Doppelgänge machte; der Dampfkolben stieg nämlich nach unserer Beobachtung während 4 Secunden, stand eine Secunde lang still, ging in $1\frac{1}{2}$ Secunde herab und ruhte etwas über $1\frac{1}{2}$ Secunde, worauf das Kolbenspiel von neuem anfang.

Der Kolben des vereinten Saug- und Druckwerkes hat einen Durchmesser von 40 (engl.) Zollen bei einer Hubhöhe von 9 Fufs. Der Kolben treibt das Wasser bei seinem Niedergange in ein aufser dem Maschinenhaus stehendes 125 Fufs hohes Rohr bis auf eine Höhe von 110 Fufs, und zwar liefert die Pumpe bei jedem solchen Niedergange nahe 40 W. Eimer Wasser, was bei 8 Kolbenspielen per Minute 320 Eimer, also stündlich über 19000 Eimer beträgt und wenn dabei die Leistung der Dampfmaschine in runder Zahl zu 200 Pferdekräfte gerechnet wird, einen Nutzeffect von 62 bis 63 Procent gibt.

Dieses genannte, mit dem Hauptleitungsrohr (von 3 Fufs Durchmesser) in Verbindung stehende Steigrohr ist unten 5, oben $3\frac{1}{2}$ Fufs weit und am untern Theile aus dicken, mit ringförmigen Rippen verstärkten 8 Fufs hohen oder langen gufseisernen Röhrenstücken zusammengesetzt, während es am obern Ende in Röhrenstücken aus Eisenblech ausläuft. Befestigt ist dieses colossale Rohr besonders durch Ketten, welche von der Spitze herab in eine weite kreisförmige Basis auslaufen.

Neben diesem Steigrohr, welche das Wasser in die Vertheilungsrohre (deren Durchmesser allmählig von 36 auf 24, 18, 12 und zuletzt 3 Zoll abnehmen) und auf die obern Punkte der Gebäude der Stadt leitet, läuft noch ein 4zölliges Rohr bis auf eine Höhe von 90 Fufs, welches mit den vorhandenen 4 Dampfkesseln in Verbindung steht und diese speiset; es kann sonach der Dampf im Kessel keine höhere als die dieser Wassersäulenhöhe entsprechende Spannung annehmen. Die Dampfmaschine ist sammt dem Pumpwerk äußerst solid und elegant ausgeführt und der Gang ist dabei, trotz der großen in Bewegung gesetzten Massen, außerordentlich sanft und ruhig.