

$$\begin{aligned}
 v' & \dots\dots = 334\cdot708 \text{ Fuss,} \\
 Q' & \dots\dots = 3361\cdot85 \text{ Pfund,} \\
 E' & \dots\dots = 1125236\cdot5 \text{ Fusspfund,} \\
 E_{Pff.kr.} & \dots = 43\cdot6 \text{ Pferdekräfte,} \\
 \frac{q}{144} & \dots\dots = 24\cdot0 \text{ Pfund,} \\
 S & \dots\dots = \cdot2698 \text{ Kubikfuss per Minute,} \\
 \frac{Q'v'}{R} & \dots\dots = 488383\cdot8 \text{ Fusspfund für 1 Pf. Brennmaterial,} \\
 \frac{Q'v'}{S} & \dots\dots = 4170632\cdot4 \text{ Fusspf. für 1 Kubikfuss Wasser,} \\
 \frac{25800R}{Q'v'} & \dots\dots = \cdot0528 \text{ Pf. Brennstoff für 1 Pferdekraft,} \\
 \frac{25800S}{Q'v'} & \dots\dots = \cdot00619 \text{ Kubikf. Wasser für 1 Pferdekraft,} \\
 \frac{Q'v'}{25800R} & \dots\dots = 18\cdot93 \text{ Pferdekräfte für 1 Pf. Brennstoff,} \\
 \frac{Q'v'}{25800S} & \dots\dots = 161\cdot65 \quad \text{„} \quad \text{für 1 Kubikfuss Wasser.}
 \end{aligned}$$

Für das Absperrungsverhältniss von $\frac{l}{L} = \cdot35$ erhält man:

$$\begin{aligned}
 (N = 1\cdot8402) \quad v & = 250\cdot2, \quad Q = 4361, \quad E = 1091022, \quad E_{Pff.kr.} = 42\cdot29, \\
 \frac{q}{144} & = 31\cdot13, \quad S = \cdot2698, \quad \frac{Qv}{R} = 473534, \quad \frac{Qv}{S} = 4043980 \text{ u. s. w.}
 \end{aligned}$$

Nimmt man endlich an, dass die Maschine nicht die volle Nutzlast zu überwinden habe, der Maschinenwärter also, um dieselbe nicht schneller wie gewöhnlich gehen zu lassen, das Feuer mässigt und dadurch z. B. das Kohlenconsumo R auf 1·883 Pfund und die Verdampfung S bis auf 2075 Kubikfuss per Minute reducirt; so erhält man bei dem obigen Werthe von $\frac{l}{L} = \cdot517$ sofort $v = 135\cdot75$, $Q = 5526\cdot98$, $E = 750260$, $E_{Pff.kr.} = 29$, $\frac{q}{144} = 39\cdot45$, $S = \cdot2075$, $\frac{Qv}{R} = 398439$, $\frac{Qv}{S} = 3615709$ u. s. w.

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

Watt'sche Maschine, einfach wirkend.

381. Bei den Watt'schen einfach wirkenden Maschinen, welche (Niederdruckmaschinen mit Expansion und Con-

densation) zum Betriebe von Wasserpumpen verwendet werden, wirkt der Dampf bloß 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 sein muss.

Bei Berechnung des Effectes dieser Maschine muss man berücksichtigen, dass 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, dass dagegen beim Aufsteigen des Kolbens, wobei keine Nutzleistung Statt findet, dieses Gegengewicht als die bewegende Kraft auftritt und 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 seinen 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 *théorie des machines à vapeur*.

382. Es sei 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 unbekannte 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. 366 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 sei 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, dass also f die auf die Einheit der Kolbenfläche bezogene Reibung der leeren oder unbelasteten Maschine (wofür jedoch nicht blos 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 sein muss, so hat man, wenn man wieder Kürze halber:

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

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

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

383. 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 allmäligen Verzögerung der aufsteigenden Bewegung und Vermeidung eines Stosses) comprimirt wird.

Setzt man daher, da im Allgemeinen die Reibung der unbelasteten Maschine beim Aufwärtsgen des Kolbens eine andere als beim Niedergange desselben sein 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 zukommt, 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. **365** 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 l' zurückgelegt hat, und betrachten wir den Kolben in jenem Momente, in welchem er bereits den Weg $\lambda > l'$ zurückgelegt; so wird, wenn in diesem Augenblicke der über dem Kolben befindliche, etwas comprimirt Dampf die Spannung p_1 , dagegen jener unter dem Kolben befindliche, etwas mehr expan-

dirte Dampf jene p_2 besitzt, bei dem Weiterrücken 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 $F(l + a)$ die Dampfspannung p' , dagegen dem Raume $F(\lambda + a)$ jene p_2 , ferner, wenn man den Raum oberhalb des Kolbens berücksichtigt, dem Raume $F(L - l + a)$ die Spannung p' und dem Raume $F(L - \lambda + a)$ jene p_1 zukommt, folglich nach der vorhin genannten Relation (b):

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

ist, auch

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

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

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

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

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

setzt, ganz einfach den Ausdruck:

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

welcher sofort, wie es sein soll, für $l = L$ gleich Null wird. Es ist daher wieder für das dynamische Gleichgewicht, und zwar beim Aufwärtsgen 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, dass also nur noch die zweite, nämlich die Gleichheit zwischen dem erzeugten und consumirten Dampfvolumen, auszudrücken ist.

384. 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, blos 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. α , Nr. 365) $\frac{mS}{n + P}$ das diesem Drucke P entsprechende Dampf-volumen; so geht dieses bei dem Uebergange 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) der vorigen Nr., so erhält man für die noch fehlende Hauptrelation:

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

385. 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:

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

und

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

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 $F'r = Q$ setzt, die zur Auflösung der verschiedenen Probleme nöthigen Relationen:

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

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

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

$$E = Qv = F'r v \dots (4),$$

wobei N und N' die in Nr. 382 (Relat. d) und Nr. 383 Relat. e) angegebenen Werthe besitzen.

Anmerkung. Da in den gewöhnlichen Fällen die Grösse 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 Grösse P' eliminiren, wodurch man erhält:

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

und

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

Pambour stellt zur leichtern Berechnung des Quotienten von $\frac{l'}{L}$ aus diesen beiden Gleichungen, wenn nebst dem 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 Grössen N und N' , so wie umgekehrt die erstern Quotienten, wenn diese letzteren Grössen gegeben sind.

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

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

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) mit einander, setzt dann für N' den Werth aus Nr. 383, sucht den Differentialquotienten $\frac{d.Q'v'}{dl'}$ 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. 383), 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:

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

Anmerkung. Was den Gang der Rechnung betrifft, so muss man, um das absolute Maximum des Nutzeffectes zu erhalten, zuerst aus dieser Relation (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.

387. Was endlich die numerischen Werthe der verschiedenen Coefficienten bei dieser Maschine betrifft, so kann man nach Pambour annehmen: $p = 500$, $f = \frac{210}{D}$, $f' = \frac{300}{D}$, $\delta = \cdot 14$, $a = \cdot 1 L$, $m = 3568525$ und $n = 214$.

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 *Oldford in East London Waterworks* eine Maschine von diesem Systeme, wovon die Dimensionen und Daten nach englischem Mass 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 Gleichgewichtsventils 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 58½ Stunden 182307 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 Pf. Wasser verdampfte, betrug 6·257 Pf. per Minute. Das Gegengewicht beträgt, auf den Quadratzoll der Kolbenfläche reducirt, 2·120 Pf. oder auf den Quadratfuss 305 Pfund. Der Widerstand der Pumpe beträgt beim Niedergang derselben, also beim Aufsteigen des Dampfkolbens, 2·5 Pfund per Quadratzoll, also 360 Pfund 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 Mass reducirt:

$$D = 4\cdot821, \quad F = 18\cdot135, \quad L = 7\cdot627, \quad \frac{l}{L} = \cdot63, \quad \frac{l'}{L} = 1, \quad a = \cdot1L, \\ P = 2220\cdot3, \quad p = 196\cdot87, \quad S = \cdot692, \quad R = 5\cdot0674, \quad q' = 265\cdot684, \\ q'' = 31\cdot359, \quad f = 75\cdot784, \quad f' = 234\cdot323, \quad \delta = \cdot14, \quad r = q + q'', \\ m = 3568525, \quad n = 214 \quad \text{und} \quad v = 86\cdot78.$$

Mit diesen Werthen folgt zuerst (Nr. 382, Relation *d*) $N = 1\cdot27298$ und (Nr. 383, Relat. *e*) $N' = 0$, folglich ist (Nr. 385, Formel 2):

$$Q = Fr = 22673\cdot1^{P. Pf.} \quad \text{und} \quad E = Qv = 1967568^{P. Pf.}$$

oder

$$E_1 = \frac{1967568}{25800} = 76\cdot3 \text{ Pferdekräfte}^*).$$

Ferner folgt noch: $r = 1250\cdot26, \quad q = 1218\cdot87, \quad \frac{r}{144} = 8\cdot682,$
 $\frac{q'}{144} = 1\cdot845, \quad \frac{Qv}{S} = 2843306, \quad \frac{Qv}{R} = 388280, \quad \frac{25800R}{Qv} = \cdot0664,$

*) 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.

$\frac{25800S}{Qv} = \cdot 00907$, $\frac{Qv}{25800R} = 15$, $\frac{Qv}{25800S} = 110$, so wie sich endlich der Kohlenverbrauch auf die sehr niedrige Ziffer von 4 Pfund per Stunde und Pferdekraft dabei herausstellt.

Beispiel 2. Nimmt man bei derselben Maschine verschiedene, so wie auch nach Formel (9) in Nr. 386 jenes Absperrungs- oder Expansionsverhältniss an, welches dem absoluten Maximum zukommt, sucht dann zu jedem dieser Werthe von $\frac{l}{L}$ nach Gleichung (7) den vortheilhaftesten Absperrungsmoment des Gleichgewichtsventils, hierauf nach der Formel (8) das entsprechende Gegengewicht 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 (mit den älteren Werthen von m und n , nahezu):

			Max. des Nutzeffectes.
$\frac{l}{L}$	= 63	.... 50	.... 29
$\frac{l'}{L}$	= 88	.... 87	.... 85
$\frac{q'}{144}$	= 2448	.... 2473	.... 2477
v'	= 9133	.... 11272	.... 17677
$Q' = Fr'$..	= 242215	.... 21617	.... 15082
$\frac{r'}{144}$	= 8621	.... 7694	.... 5368
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, dass 1) der Gang der Maschine dadurch zu irregulär wird, 2) die Nutzlast, gegenüber den vielleicht schon bestehenden Pumpen zu klein und 3) die Geschwindigkeit des Kolbens zu gross und für die Conservirung der Maschine nachtheilig wird, so dass 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 diesem 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 englische 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 Fuss Durchmesser und 8 Fuss 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 Dampfzufluss zu gross ist, auf zwei elastische Polster, wovon einer mit einer Glocke in Verbindung steht, um den Maschinenwärter aufmerksam zu machen, dass dieser Zufluss zu mässigen sei. 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 Dampfzufluss-Hahn augenblicklich und jederzeit nach Bedürfniss zu reguliren.

Ausserdem 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.

388. Was endlich die Cornwall-Maschine von einfacher Wirkung anbelangt, so weicht sie von der eben erörterten einfach wirkenden Watt'schen Maschine nur darin ab, dass sie 1. eine Hochdruckmaschine ist, bei welcher die Dampfspannung im Kessel von 2 bis 5 Atmosphären beträgt, 2. dass die Expansion dabei viel weiter getrieben und häufig schon bei $\frac{1}{10}$ des ganzen Kolbenlaufes abgesperrt wird, und dass 3. 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 Dampfzufluss abgesperrt, so