Anmerkung. Da man in diesen Formeln statt dem Quotienten $\frac{FL}{fl}$ und in den obigen (2) und (3) der vorigen Nr. statt jenem $\frac{L}{l}$ den gleichgeltenden Werth $\frac{p}{p'}$ setzen kann; so folgt, dafs diese Formeln, wie es auch seyn soll, identisch sind.

b) *Pambour'sche Theorie.*

(§. 513.)

279. Da nach *Pambour*'s Beobachtungen und Versuchen, der Dampf in der Maschine während seiner Wirkung beständig im Maximum seiner Dichtigkeit sich befindet, d. h. in jedem Stadium genau jene Temperatur besitzt, welche seiner eben Statt findenden Spannkraft zukömmt; so gilt von diesem auch fortwährend die obige Formel (e) in Nr. **270**, (Anmerk. 2) für das relative Volumen $\mu = \frac{m}{n+p}$, wobei m und n die dort angegebenen Werthe besitzen und p den Dampfdruck auf den Quadratfufs bezeichnet.

Wird nun ein gewisses Volumen Wasser $= S$ in Dampf von dem Drucke $= p$ verwandelt, dessen absolutes Volumen $= M$ ist, so folgt:

$$\mu = \frac{M}{S} = \frac{m}{n+p} \quad . \quad . \quad (1)$$

Wird dagegen dasselbe Wasservolumen in Dampf von der Spannkraft p' verwandelt und ist dessen Volumen $= M'$, so hat man eben so:

$$\mu' = \frac{M'}{S} = \frac{m}{n+p'},$$

folglich ist (durch Verbindung dieser beiden Relationen):

$$M = \frac{n+p'}{n+p} M' \quad . \quad . \quad (a) \quad \text{oder} \quad p = \frac{M'}{M}(n+p') - n \quad . \quad . \quad (b)$$

Geht also der Dampf während seiner Wirkung in der Maschine aus einem bekannten Volumen M' in das ebenfalls bekannte Volumen M über, so verwandelt sich die gegebene Spannkraft p' in jene p, welche durch die vorige Relation (b) gegeben ist oder bestimmt wird.

Woolf'sche Maschine.

280. Es sey nun, um sogleich den allgemeinsten Fall zu behandeln, in dem *Woolf*'schen Systeme, welches in der neuesten Zeit wieder besondere Aufnahme findet, P der Dampfdruck (auf die Flächeneinheit) im Kessel, P' der Druck, welchen derselbe beim Eintritt in den kleinen

Cylinder A (Fig. 169) vor der Absperrung annimmt, l der Kolbenlauf im kleinen, L jener im grofsen Cylinder B, a der freie (lineare) Raum im erstern, A jener im grofsen Cylinder, f die Fläche des kleinen, F jene des grofsen Kolbens, so wie endlich l' der Weg, welchen der kleine Kolben bei offener Communication, d. h. bis zur Absperrung zurücklegt.

Um nun zuerst die Arbeit von Seite der Kraft während eines Ganges des kleinen Kolbens zu finden; so habe dieser bereits den Weg $x > l'$ zurückgelegt, in welchem Augenblicke der Dampfdruck noch $= z$ seyn soll, und da man diesen Druck während dem Weiterrücken des Kolbens um dx als constant ansehen kann, so ist die diesem Weg entsprechende Wirkung $dw = fz\,dx$ oder da nach der Relat. (b) der vorigen Nr. $z = \frac{l'+a}{x+a}(n+P') - n$ ist, auch

$$dw = f(l'+a)(n+P')\frac{dx}{x+a} - fn\,dx.$$

Dieser Ausdruck von $x = l'$ bis $x = l$ integrirt, gibt zuerst die während der Expansion des Dampfes ausgeübte Wirkung oder Arbeit und zwar wird

$$w = f(l'+a)(n+P')\,logn.\left(\frac{l+a}{l'+a}\right) - nf(l-l').$$

Da ferner $w' = fP'l'$ die Arbeit des Kolbens vor der Absperrung ausdrückt, so hat man für die Arbeit während eines Laufes des kleinen Kolbens $W_1 = w + w'$, oder wenn man substituirt und reducirt:

$$W_1 = f(l'+a)(n+P')\left[\frac{l'}{l'+a} + logn.\frac{l+a}{l'+a}\right] - nfl \;.\;.\; (c)$$

281. Um ferner die Arbeitsgröfse des grofsen Kolbens während seines Laufes L zu bestimmen, welcher in derselben Zeit Statt findet, in welcher der kleine Kolben den Weg l zurücklegt, wollen wir annehmen, dafs beide Kolben eben herabgehen, und wieder jenen Zeitmoment betrachten, in welchem der kleine Kolben den Weg $x > l'$, also der grofse jenen $\frac{L}{l}x$ (aus $l : L = x : \frac{L}{l}x$), oder, wenn man Kürze halber $\frac{L}{l} = s$ setzt, jenen sx zurückgelegt hat. In diesem Augenblicke nimmt der Dampf, welcher den Raum $f(l'+a)$ einnahm und die Spannung P' besafs, unter dem kleinen und über dem grofsen Kolben zusammengenommen den Raum $f(l+a-x) + F(sx+A) = (Fs-f)x + AF + (l+a)f = Bx + C$ ein, wenn man nämlich Kürze halber den Coeffizienten von x:

d. i. $Fs - f = B$ und den constanten Theil $AF + f(l + a) = C$ setzt. Ist nun die Spannkraft des Dampfes in diesem Augenblicke $= y$, so ist nach Relat. (b) Nr. **279**:

$$y = \frac{f(l' + a)}{Bx + C}(n + P') - n$$

als Druck des Dampfes auf den grofsen Kolben, welcher während des Weges von dx des kleinen oder $s\,\mathrm{d}x$ des grofsen Kolbens als constant angesehen werden kann, wodurch die entsprechende Wirkung

$$\mathrm{d}w'' = Fys\,\mathrm{d}x = sf(l' + a)(n + P')\frac{F\mathrm{d}x}{Bx + C} - nFs\,\mathrm{d}x$$

wird. Integrirt man diesen Ausdruck von $x = 0$ bis $x = l$ (oder von $sx = 0$ bis $sx = L$), so erhält man als Wirkung oder Arbeit des grofsen Kolbens während eines vollen Ganges (wenn man gleich für s den Werth $\frac{L}{l}$ herstellt):

$$w'' = f(l' + a)(n + P')\frac{FL}{Bl} \, logn. \left(\frac{Bl + C}{C}\right) - nFL.$$

Die Gesammtwirkung beider Kolben ist also während eines Kolbenlaufes:

$$W = W_1 + w'' = w + w' + w''$$

wobei die drei einzelnen Wirkungsgröfsen die in dieser und der vorigen Nr. angegebenen Werthe besitzen.

282. Um nun auch die Arbeit von Seite der Last oder des Widerstandes auszudrücken, so mufs zuerst bemerkt werden, dafs der Dampf von der Spannkraft y, welcher auf den grofsen Kolben als bewegende Kraft drückt, dem kleinen Kolben entgegenwirkt, so, dafs man den vorigen Werth von y nur mit $f\mathrm{d}x$ multipliciren und von $x = 0$ bis $x = l$ integriren darf, um die betreffende Wirkungsgröfse während eines Kolbenganges zu erhalten; bezeichnet man diese mit w, so ist sofort

$$w_1 = f(l' + a)(n + P')\int_0^l \frac{f\mathrm{d}x}{Bx + C} - nf\int_0^l \mathrm{d}x$$

d. i. $$w_1 = f(l' + a)(n + P')\frac{f}{B} \, logn. \left(\frac{Bl + C}{C}\right) - nfl.$$

Ist p der mittlere Druck auf die Flächeneinheit des gröfseren Kolbens von Seite des Condensators her, so ist die betreffende Wirkungsgröfse während eines Kolbenganges

$$w_2 = FpL.$$

Bezeichnet man ferner den nützlichen Widerstand oder die Nutzlast mit Q und den Weg, um welchen diese während eines Kolbenlaufes bewegt wird durch h, so ist die diefsfällige Wirkungsgröfse

$$w_3 = Q\,h$$

Zerlegt man die bei der leeren Maschine vorkommende Reibung in zwei Theile und bezeichnet die auf die Flächeneinheit des kleinen Kolbens entfallende durch k, so wie jene, welche auf die Flächeneinheit des gröfsern Kolbens bezogen werden kann, durch K; so ist der betreffende Reibungswiderstand während eines Kolbenganges

$$w_4 = k\,f\,l + K\,F\,L.$$

Ist endlich δ die auf die Einheit der Last Q bezogene additionelle Reibung, so entsteht von daher noch die Wirkungsgröfse

$$w_5 = \delta\,Q\,h.$$

Die gesammte Arbeitsgröfse aller dieser Widerstände, mit Einschlufs der Nutzlast ist daher:

$$W' = w_1 + w_2 + w_3 + w_4 + w_5$$

und da, sobald der Beharrungszustand oder das dynamische Gleichgewicht in der Maschine eingetreten, $W = W'$ seyn mufs (§. 514, Relat. 1); so hat man nach gehöriger Substitution (mit der Herstellung der Werthe von B und C) und einer einfachen Reduction, für die erste der beiden Hauptrelationen:

$$f(l'+a)(n+P')\left[\frac{l'}{l'+a} + logn.\left(\frac{l+a}{l'+a}\right) + logn.\,\frac{F(L+A)+fa}{f(l+a)+FA}\right]$$
$$-\,n\,F\,L = (1+\delta)\,Q\,h + k\,f\,l + K\,F\,L + p\,F\,L \;.\;.\; (I)$$

283. Um nun auch die zweite Hauptrelation (§. 514, Relat. 2) zu erhalten, sey S das in der Zeiteinheit effectiv verdampfte Wasservolumen im Kessel, also (Nr **279**, Relat. 1) $M = \frac{m\,S}{n+P'}$ das absolute Volumen des daraus erzeugten Dampfes unter dem Drucke P', unter welchem er in den kleinen Cylinder eintritt; so ist, wenn man die mittlere Geschwindigkeit des kleinen Kolbens mit v bezeichnet, die in der Zeiteinheit verbrauchte oder in den kleinen Cylinder tretende Dampfmenge (vom Drucke P') $= \frac{v}{l} f(l'+a)$, folglich diese zweite Hauptrelation:

$$\frac{m\,S}{n+P'} = \frac{v}{l} f(l'+a) \;.\;.\; (II)$$

284. Eliminirt man aus diesen beiden Relationen (I) und (II) den Druck P', so erhält man für die mittlere Geschwindigkeit des kleinen Kolbens:

$$v = \frac{l}{L} \cdot \frac{S}{F} \frac{m N}{n + \frac{1}{FL}\left[(1+\delta)\,Q h + k f l + K F L + p F L\right]} \quad . \; . \; (1)$$

wenn man nämlich der Kürze wegen das in der großsen Klammer stehende Trinom des Ausdruckes (I) mit N bezeichnet, d. i.

$$N = \frac{l'}{l'+a} + logn. \left(\frac{l+a}{l'+a}\right) + logn. \frac{F(L+A)+fa}{f(l+a)+FA} \quad . \; . \; (\alpha)$$

setzt.

Bezeichnet man ferner die Geschwindigkeit des großsen Kolbens mit v', so wie jene der Nutzlast Q mit V; so ist wegen $v : v' : V = l : L : h$ sofort:

$$v' = \frac{L}{l} v \; . \; . \; (2) \quad \text{und} \quad V = \frac{h}{l} v \; . \; . \; (3)$$

wobei man für v den Werth aus der vorigen Gleichung (1) zu setzen hat.

285. Man erhält aus dieser letzten Relation (3), wenn man für v den Werth setzt, zugleich auch die für die Praxis wichtigen Werthe von Q, S und E, wenn E den Nutzeffect der Maschine bezeichnet; es ist nämlich ganz einfach für den Fall einer beliebigen Nutzlast oder einer beliebigen Geschwindigkeit bei einem gegebenen Expansions- oder Absperrungsverhältnifs:

$$V = \frac{h}{L} \cdot \frac{S}{F} \frac{m N}{n + \frac{1}{FL}\left[(1+\delta)\,Q h + k f l + K F L + p F L\right]} \quad . \; . \; (4)$$

$$Q = \frac{m S N}{(1+\delta)\,V} - n \frac{FL}{(1+\delta)\,h} - \frac{k f l + K F L + p F L}{(1+\delta)\,h} \quad . \; . \; (5)$$

$$S = \frac{L}{h} \cdot \frac{FV}{mN} \left\{ n + \frac{1}{FL}\left[(1+\delta)\,Q h + k f l + K F L + p F L\right] \right\} . \; (6)$$

$$E = Q V = \frac{m S N}{1+\delta} - V \left[n \frac{FL}{(1+\delta)\,h} + \frac{k f l + K F L + p F L}{(1+\delta)\,h} \right] . \; . \; (7)$$

wenn man nämlich den Ausdruck (5) mit V multiplicirt.

286. Dieser letztere Ausdruck zeigt wieder (wie in §. 521, Anmerk.), dafs der Nutzeffect am gröfsten wird, wenn V seinen kleinsten Werth erreicht, und diefs findet zufolge der obigen Relationen (3) (Nr. **284**) und (II) (Nr. **283**) für den gröfsten Werth von P', d. i. für $P' = P$ Statt. Bezeichnet man daher, die betreffenden Werthe von V und Q in diesem Falle mit V' und Q', so hat man für das Maximum des Nutzeffectes, bei einem gegebenen Expansionsverhältnifs:

$$V' = \frac{h}{l} \cdot \frac{l}{l' + a} \cdot \frac{S}{f} \cdot \frac{m}{n + P} \; . \; . \quad (8)$$

(nämlich aus den beiden genannten Relationen 3 und *II*)

$$Q' = \frac{m S N}{(1 + \delta) V'} - n \frac{F L}{(1 + \delta) h} - \frac{k f l + K F L + p F L}{(1 + \delta) h} \; . \; . \quad (9)$$

(aus der Relation 5):

$$S = \frac{l}{h} \cdot \frac{l'}{l} \cdot \frac{a}{m} \frac{f V'}{} (n + P) \; . \; . \quad (10)$$

(aus der Relat. 8):

$$E_{\max} = Q' V' \; . \; . \quad (11)$$

287. Nimmt man endlich das Expansions- oder Absperrungsverhältniſs nicht als gegeben an und sucht jenes Verhältniſs $\frac{l'}{l}$ bei welchem das absolute Maximum des Nutzeffectes eintritt; so erhält man nach der bekannten Regel, aus der vorigen Gleichung (11), wenn man für Q' und V' die Werthe setzt, nach einer einfachen Reduction:

$$\frac{\mathrm{d}E}{\mathrm{d}l'} = 0 = -l' + \frac{n F L + k f l + K F L + p F L}{f(n + P)}$$

und daraus:

$$\frac{l'}{l} = \frac{F L}{f l} \cdot \frac{n + \frac{1}{F L}(k f l + K F L + p F L)}{n + P} \; . \; . \quad (12)$$

für das gesuchte Absperrungsverhältniſs, welches in der That einem Maximum entspricht, indem dafür der zweite Differenzialquotient negativ ausfällt.

Anmerkung. Die diesem absoluten Maximum entsprechende Nutzlast ist übrigens keineswegs die gröſste nützliche Last, welche die Maschine überwinden kann; denn sucht man aus der Gleichung (9) (mit Substituirung der Werthe von N und V') den Differenzialquotienten von Q' in Beziehung auf l', so erhält man ganz einfach:

$$\frac{\mathrm{d}Q'}{\mathrm{d}l'} = 0 = \mathit{logn.}\left(\frac{l + a}{l' + a}\right)$$

also

$$\frac{l + a}{l' + a} = 1, \text{ d. i. } l' = l,$$

d. h. die Maschine muſs (wie dieſs auch à priori erhellet), um die gröſstmögliche Nutzlast bewegen oder überwinden zu können, ohne Expansion arbeiten (wobei jedoch der Dampfverbrauch in einem gröſseren Verhältniſs als der Nutzeffect zunimmt).

Die vorige Relation (12) findet übrigens, wie sich von selbst versteht, in jenem Falle keine Anwendung, in welchem der Dampf im kleinen Cylinder ohne Expansion arbeitet, weil dann $l' = l$ ist.

288. Um die bisher entwickelten Formeln p r a c t i s c h anwendbar zu machen, müssen noch die constanten Gröfsen k, K, δ, p, a, A, m, n bestimmt oder angegeben werden.

Was zuerst die R e i b u n g der Maschine betrifft, so können wir die von *Pambour*, bei den *Watt*'schen doppelt wirkenden Condensationsmaschinen gemachten Erfahrungen auch hier benützen und anwenden. Nach diesen Erfahrungen beträgt die Reibung bei solchen Maschinen von mittlerer Gröfse, nämlich bei einem Cylinderdurchmesser von 33 Zoll oder 2·75 Fufs, wenn sie leer gehen oder unbelastet sind, im Mittel ·75 Pfund auf den Quadratzoll oder $144 \times \cdot 75$ Pf. auf den Quadratfufs der Kolbenfläche bezogen, nach englischem Mafs und Gewicht, und wächst im umgekehrten Verhältnisse mit dem Durchmesser des Cylinders, so, dafs wenn bei einer ähnlichen Maschine der Cylinderdurchmesser in Fufsen genommen $= d$ ist, sofort auf englisches Mafs bezogen, die auf jeden Quadratfufs der Kolbenfläche entfallende Reibung nahe durch $\frac{300}{d}$ Pfund ausgedrückt werden kann. Auf das Wiener Mafs und Gewicht bezogen kann man dafür in runder Zahl $\frac{260}{d}$ setzen. (Der genaue Werth ist etwas kleiner und zwar $= \frac{252}{d}$.)

Nimmt man daher zur gröfseren Sicherheit an, dafs bei den *Woolf*'schen Maschinen jeder der beiden Cylinder nahe dieselben Theile zu bewegen habe, als bei den *Watt*'schen Maschinen der eine Cylinder; so kann man nach diesen Bemerkungen

$$k = \frac{260}{d} \text{ und } K = \frac{260}{D}$$

setzen, wenn d und D die in Fufsen ausgedrückten Durchmesser des kleinen und grofsen Kolbens, folglich k und K die in Pfunden ausgedrückten Reibungen der Maschine auf jeden Quadratfufs der beiden Kolbenflächen bezogen, bezeichnen.

Was ferner die additionelle Reibung der belasten Maschine betrifft, so kann man auch hier (wie in §. 525) $\delta = \cdot 14$ setzen.

Den von *Pambour* von Seite des Condensators herrührenden und auf den Quadratfufs der Kolbenfläche bezogenen mittleren Widerstand von 4×144 Pf., kann man auf das W Mafs und Gewicht bezogen, in runder Zahl zu 500 Pfund annehmen, also

$$p = 500 \text{ setzen.}$$

Eben so setzt man auch hier (wie in §. 525) $a = \cdot 05\, l$ und

$A = \cdot05\, L$, so wie endlich, da man es mit Condensationsmaschinen zu thun hat (Nr. **270**, Anmerk 2):

$$m = 3571490 \text{ und } n = 218.$$

Schlüfslich kann man sich zur numerischen Berechnung der in dem Ausdrucke N (in Nr. **284**) vorkommenden Gröfse

$$\frac{l'}{l'+a} + logn \left(\frac{l+a}{l'+a}\right)$$

der im Compendium auf S. 498 und 499 angegebenen Tabelle, in welcher l und L mit l' und l zu vertauschen sind, bedienen, widrigenfalls $logn.\left(\frac{l+a}{l'+a}\right) = 2\cdot302585\, log\, v. \left(\frac{l+a}{l'+a}\right)$ mit Hilfe einer gewöhnlichen Logarithmentafel berechnet werden mufs.

289. Zur Erläuterung der obigen Formeln, mögen die nachstehenden Beispiele dienen.

Beispiel 1. Es habe bei einer *Woolf*'schen Maschine der kleine Cylinder einen Durchmesser von 2, und einen Kolbenlauf von 6 Fufs, der grofse Cylinder einen Durchmesser von $3\frac{1}{3}$ und einen Kolbenlauf von 8 Fufs, der Dampf trete in den kleinen Cylinder, ohne darin expandirt zu werden, mit einem Drucke von 22·42 Pfund auf den Quadratzoll, d. i. von nahe $1\frac{3}{4}$ Atmosphären, das per Minute effective in Dampf verwandelte Wasservolumen betrage 1 Kubikfufs, so wie der Weg, welchen die Nutzlast während eines Kolbenlaufes zurücklegt 2 Fufs; so hat man $d = 2$, also $f = \frac{1}{4}\pi d^2 = 3\cdot1416$, $D = \frac{10}{3}$, also $F = 8\cdot7266$, $l = 6$, $L = 8$ (folglich der Inhalt des grofsen Cylinders, wie gewöhnlich nahe 4, hier nämlich 3·7 Mal so grofs als der kleine), $l' = l = 6$, $P = 22\cdot42 \times 144 = 3228$, $S = 1$ und $h = 2$; ferner ist $a = \cdot05\, l = \cdot30$, $A = \cdot05\, L = \cdot40$, $k = \frac{260}{d} = 130$, $K = \frac{260}{D} = 78$ und wie bereits bemerkt $m = 3571490$, $n = 218$, $p = 500$, $\delta = \cdot14$.

Mit diesen Werthen folgt zuerst aus der Relation (α) in Nr. **284**, $N = 2\cdot1120$ und damit für den gröfsten Effect dieser Maschine, aus den Relationen (8), (9) und (11) in Nr. **286**:

$$V' = 101\cdot272 \text{ Fufs per Min.}, \quad Q' = 38651\cdot24 \text{ Pf. und}$$
$$E_{max.} = 3914288\cdot37 \text{ Fufspfund per Min.}$$

oder auf die Secunde bezogen, und wenn $N_{Pf.}$ die Anzahl der Pferdekräfte bezeichnet, auch:

$$V' = 1\cdot688 \text{ F. und } E_{max.} = 65238\cdot14^{\text{ F. Pf.}} \text{ oder } N_{Pf.} = \frac{E}{430} = 151\cdot7.$$

Aus den Relationen (3) und (2) in Nr. **284** folgt auch noch für die Geschwindigkeit des kleinen Kolbens $v = \frac{l}{h} V' = 3 \times 1\cdot688 = 5\cdot064$ und für jene des gröfseren $v' = \frac{L}{l} v = \frac{4}{3} \times 5\ 064 = 6\ 752$ Fufs per Sec., so, dafs also die Maschine per Minute 50·64 einfache Kolbengänge macht.

Anmerkung. Wird dasselbe Beispiel nach der ältern Theorie gerechnet, so erhält man zuerst nach der Formel (r) in Nr. 278 für die Wirkung während eines Kolbenganges $W = 105608\cdot2^{\text{F. Pf.}}$ und da per Secunde $\frac{50\cdot64}{60}$ solcher Kolbengänge Statt finden, so ist der Effect per Secunde

$$E = \frac{50\cdot64}{60} \times 105608\cdot2 = 89133\cdot4^{\text{F. Pf.}}$$

Es müfste also dieser Werth mit dem Coeffizienten ·732 multiplicirt werden, um die vorige Zahl 65238 der *Pamb.* Theorie zu erhalten.

Beispiel 2. Berechnet man das vorige Beispiel nochmals mit der einzigen Änderung, dafs die Communication des Dampfzutrittes in den kleinen Cylinder nach dem halben Kolbenschub unterbrochen oder abgesperrt wird; so hat man mit Beibehaltung aller übrigen Werthe $l' = 3$, also $\frac{l'}{l} = \frac{1}{2}$ zu setzen, womit man $N = 2\ 7153$ und damit

$V' = 193\cdot337$, $Q' = 18468\cdot874$ und $E_{\text{max.}} = 35\ 0716\cdot6$

oder $N_{\text{Pf.}} = 138\cdot4$ erhält.

Beispiel 3. Sucht man zur Erreichung des absoluten Maximums zuerst nach der Relation (12) (Nr. **287**) das günstigste Expansions- oder Absperrungsverhältnifs, so erhält man dafür $\frac{l'}{l} = \cdot8306$, also $l' = \cdot8306 \times 6 = 4\cdot9836$ und damit $N = 2\cdot2787$, $V' = 120\cdot74$, $Q' = 32777\cdot78$ und $E_{\text{max}} = 3957589\cdot16$ oder in Pferdekräften $N_{\text{Pf.}} = 153\cdot4$.

Anmerkung. Da man bei der Berechnung von Dampfmaschinen, zur Zeiteinheit die Minute nimmt, so heifst in der Praxis der Effect eines Pferdes in einer Minute auch Pferdekraft per Minute und wird bei den Engländern mit 33000 Pf. 1 Fufs hoch, bei den Franzosen (davon etwas verschieden und nahe um $1\frac{1}{4}$ Procent kleiner) mit 4500 Kilogramme 1 Meter hoch, und in Österreich (nahe mit der englischen Annahme übereinstimmend) zu 25800 Pfund 1 Fufs hoch gerechnet. Unter dem Ausdrucke Pferdekraft per Stunde, wie er manchmal in den Werkstätten gebraucht wird, versteht man den vorigen Effect 60 Mal genommen.

Werden nun in dieser Zeiteinheit, d. i. per Minute R Pfunde Brennstoff consumirt, so ist der Nutzeffect für 1 Pfund verbrauchten Brennstoffes:

$$E' = \frac{Q\,V}{R}^{\text{F. Pf.}}$$

so wie der Nutzeffect für 1 Kubikfuſs effective verdampften Wassers:

$$E'' = \frac{Q\,V}{S}^{\text{F. Pf.}}$$

Endlich beträgt das zur Erzeugung eines Nutzeffectes von 1 Pferdekraft nöthige Brennstoffquantum $\frac{25800}{Q\,V}$ Pfunde.

In den drei vorigen Beispielen verhalten sich die Nutzeffecte, welche sich durch die effective Verdampfung von 1 Kubikfuſs Wasser ergeben, beziehungsweise wie die Zahlen

$$151{\cdot}7 : 138{\cdot}4 : 153{\cdot}4,$$

während sich die Gröſse der Nutzlast, welche dabei überwunden werden kann, wie

$$386{\cdot}5 : 184{\cdot}7 : 327{\cdot}8$$

und die Geschwindigkeit, mit welcher sich der kleine Kolben bewegt, wie die Zahlen

$$101{\cdot}3 : 193{\cdot}3 : 120{\cdot}7$$

verhält, indem diese Geschwindigkeit per Secunde beziehungsweise, nahe 5, $6\frac{1}{2}$ und 6 Fuſs beträgt.

Die Dimensionen der Hauptbestandtheile der *Woolf*'schen Maschinen mit zwei Cylindern und vierfacher Expansion, findet man sämmtlich, in Theilen des Durchmessers D des groſsen Cylinders ausgedrückt, in *Redtenbacher*'s Resultate für den Maschinenbau auf S. 227 u. f.

Beispiel 4. Wäre endlich mit denselben im 1. Beispiele gegebenen Gröſsen, mit Ausnahme, daſs $l' = \frac{1}{4}\, l = 1{\cdot}5$ seyn soll, die Gröſse $V' = 60$ (Geschwindigkeit der Nutzlast per Minute) gegeben und dafür S, Q' und E zu suchen; so fände man aus den Relationen (9), (10) und (11) in Nr. **286** zuerst aus (10):

$S = {\cdot}168$ Kubikfuſs (zu verdampfendes Wasservolumen per Minute) und damit dann $Q' = 3982{\cdot}54$ Pfund und $E = 238952{\cdot}4^{\text{F. Pf.}}$ per Minute oder $N_{\text{Pf}} = \frac{E}{25800} = 9\frac{1}{4}$ Pferdekraft.

Der aus der Verdampfung von 1 Kubikfuſs Wasser hervorgehende Nutzeffect, wäre also bei dieser zu weit getriebenen Expansion (welche hier beinahe das 15fache beträgt, während sie nach dem 3. Beispiel für den absolut gröſsten Effect nur das $4\frac{1}{2}$fache ausmacht) $= \frac{Q'\,V'}{S} = \frac{238952{\cdot}4}{{\cdot}168} = 1422335{\cdot}7^{\text{F. Pf.}} = 55{\cdot}1$ Pferdekraft, also um mehr als $2\frac{3}{4}$ Mal kleiner als für das absolute Maximum, wobei der Expansionscoeffizient ·8306 ist, während er hier nur mit ·25 angenommen wurde.

Hieraus geht klar hervor, daſs man den Effect einer solchen Maschine bedeutend und ganz unverhältniſsmäſsig herabsetzt, wenn man die Expansion des Dampſes zu weit treiben will und sich zu sehr von dem richtigen, dem absoluten Maximum entsprechenden Verhältniſs entfernt.

Watt'sche Maschine, doppelt wirkend.

290. Für die doppelt wirkende *Watt*'sche Dampfmaschine erhält man die entsprechenden Formeln ganz einfach aus jenen der *Woolf*'schen Maschine (Nr. **285** bis **287**), wenn man $f=F$, $h=l=L$, $a=A$ und $k=K$ setzt, wodurch eigentlich die beiden Cylinder in einen einzigen übergehen. Um dieſs wenigstens für eine Formel nachzuweisen, wollen wir auf diese Weise die Formel (2) in §. 518 für die mittlere Kolbengeschwindigkeit v entwickeln.

Nach der Relation (3) in Nr. **284** wird unter der gemachten Voraussetzung $v=V$, folglich nach der Formel (4) in Nr. **285**:

$$v=\frac{S}{F}\cdot\frac{mN}{n+(1+\delta)\frac{Q}{F}+2k+p} \qquad (k)$$

wobei nach Relat. (α) in Nr. **284**, $N=\frac{l'}{l'+a}+logn.\frac{l+a}{l'+a}$ ist

Um nun diese Formel mit der genannten (2) in §. 518 in Übereinstimmung zu bringen, muſs man sich erinnern, daſs dort das relative Dampfvolumen durch die Formel (§. 515) $\mu=\frac{1}{n+mp}$ dargestellt ist, welche hier auf die Form $\frac{m}{n+p}$ (Nr. **279**) gebracht wurde, so, daſs man also in der vorigen Formel (k) statt m und n setzen muſs $\frac{1}{m}$ und $\frac{n}{m}$. Ferner ist, wie leicht zu sehen $N=k$, $\delta=\alpha$, $\frac{Q}{F}=q$ und $2k=f$, mit welchen Werthen diese Formel die Form

$$v=\frac{S}{F}\cdot\frac{k}{n+m\,[(1+\alpha)q+f+p]}$$

erhält, welche sofort genau mit jener (2) in §. 518 übereinstimmt

Ganz auf dieselbe Weise folgen auch die übrigen Formeln der §§. 516 bis 522 aus den obigen Formeln in Nr. **285** bis **287**.

291. Setzt man mit Beibehaltung der übrigen hier gewählten Bezeichnung die Kolbenfläche $=F$, den Kolbenlauf bei offener Communication $=l$, den ganzen Kolbengang $=L$, die auf die Flächeneinheit des Kolbens entfallende Nutzlast $\frac{Q}{F}=q$, die auf dieselbe Flächen-