

der *Fourneyron'schen* Turbine ist, bietet sie gegen diese letztern noch folgende wesentliche Vortheile dar.

Erstlich wird bei dieser das zuströmende Wasser aus seiner Richtung nur einmal, und zwar blofs um beiläufig 60 Grad abgelenkt, während diefs bei der *Fourneyron'schen* Turbine zweimal, und jedes Mal um nahe 90 Grad geschieht. Ferner kann der Halbmesser und die Umdrehungszahl bei dieser Turbine innerhalb viel weiterer Grenzen variiren als bei der *Fourneyron'schen*.

Dagegen steht die *Jouval'sche* Turbine der *Fourneyron'schen* darin nach, dafs nicht alle Punkte der obern horizontalen Radschaufelkanten (wie es im Gegentheil mit den Punkten der innern verticalen Schaufelkanten bei der *Fourn.* Turbine der Fall ist) einerlei Geschwindigkeit, sondern die von der Achse entfernteren eine gröfsere, die näher liegenden eine kleinere Geschwindigkeit besitzen, was zur Folge hat, dafs das Wasser nicht nach der ganzen Breite der Schaufeln völlig ohne Stofs in das Rad eintreten kann. Ferner, dafs aus demselben Grunde die äufsern Wassertheilchen eine gröfsere, die mehr gegen die Achse zu liegenden aber eine kleinere Fliehkraft besitzen, wodurch in denselben ein gewisses Drängen und eine Art Störung entsteht; beide diese Nachtheile lassen sich jedoch dadurch fast ganz unschädlich machen, dafs man die Kranzbreite $R' - R''$ so klein als möglich nimmt.

Wassersäulenmaschine.

(§. 412.)

242. Wir wählen hier als ein weiteres Beispiel dieser sehr nützlichen Kraftmaschine zur Hebung der Grubenwasser in Bergwerken, die von dem *Ingénieur des mines* Herrn *Juncker* in den Bergwerken von *Huelgoat* in der Bretagne, nach *Reichenbach's* Princip sehr schön und vollkommen ausgeführte, einfach wirkende Wassersäulenmaschine, welche in ihren wesentlichsten Bestandtheilen in den Figuren 161, 161. *a* und 161. *b* dargestellt ist.

Der oben offene Treibcylinder *Y* (Fig. 161), in welchem sich der Treibkolben *P* auf und abbewegt, communicirt mit dem nebenstehenden Steyercylinder *HH'* durch das Rohr *T*, so wie dieser letztere Cylinder durch das Rohr *O* mit dem Einfalls- und durch jenes *S* mit dem Abflufsrohr. Der nach der Zeichnung eben im Niedergehen begriffene und genau auf halbem Wege befindliche Steuerkolben *R* ist durch seine Stange *E* mit einem etwas gröfseren Gegenkolben *J* verbunden, so, dafs also beide Kolben zusammen durch das Kraftwasser immer aufwärts getrieben werden, so lange nicht eine neue nach abwärts wirkende Hilfskraft hinzutritt. Diese neue Kraft wird aber dadurch erzeugt,

dafs man das Kraftwasser durch das Rohr $a_3 a$, (welches in Fig. 161. a in einem gröfseren Mafsstabe gezeichnet ist), den Cylinder ie und die Öffnung o über den Kolben J , und zwar nur über einen schmalen ringförmigen Theil w desselben, welcher durch das Aufsetzen des hohlen Cylinders K entsteht, treten läfst, welches, nachdem es gewirkt, wieder durch den schmalen Canal o , den kleinen Cylinder ie und die Röhre $e e_2 e_3$ abfliefsen und in das Abzugsrohr S gelangen kann.

Das abwechselnde Zulassen und Absperrn des Kraftwassers in und von dem ringförmigen Raume w , wird durch eine *Hilfssteuerung* bewirkt, welche der Hauptsteuerung vollkommen ähnlich ist; auch diese besteht aus einer gleichen Kolbenverbindung, nämlich dem eigentlichen Steuerkolben r , dem Gegenkolben i und dem durch eine Stopfbüchse nn gehenden cylinderischen Kolben k , welcher über dem Kolben i einen sehr schmalen ringförmigen Raum läfst, in welchem das Kraftwasser durch das enge Rohr u treten und dadurch den nöthigen geringen (kaum 50 Pfund betragenden) Gegendruck bilden kann, welcher zur Ausgleichung jenes Druckes nothwendig ist, den der untere Kolben r nach aufwärts durch die bis zum (um 14 Meter höher liegenden) Abfluscanal reichende Wassersäule erleidet.

Um endlich dieses letztere Kolbensystem, dessen Bewegung nur eine äufserst geringe Kraft erfordert, rechtzeitig zu steuern, indem diese Steuerung gleichsam die Seele der Maschine bildet, so ist dieses System an den um v' drehbaren Hebel $v't$ aufgehängt und dieser durch das bewegliche Verbindungsglied t' mit dem um s' drehbaren Hebel $s s'$, der in ein Cirkelstück 1,2 ausläuft, verbunden. (Diese Art der Verbindung wurde durch den engen disponiblen Raum zwischen dem Treib- und Steuercylinder bedingt.) Ausserdem ist in dem Treibkolben P bei f eine runde Stange $d d$ vertical befestigt, welche oben bei g durch eine Führung geht und gegen den Steuercylinder zu eine flache Leiste $e' e'$ trägt, die gerade so dick als das genannte Cirkelstück ist, und während der ganzen Bewegung des Kolbens P diesen in derselben verticalen Ebene liegenden Kreisbogen 1,2 tangirt. An den zwei entgegengesetzten flachen Seiten dieser Leiste sind zwei Kämme oder Hebköpfe 3 und 4 mittelst Schrauben befestigt, deren Entfernung 3,4 man leicht verändern kann, indem die Leiste $e' e'$ zu diesem Ende der Länge nach mit einer Reihe von passenden Löchern versehen ist. Da endlich auch an den beiden entgegengesetzten flachen Seiten des genannten Sectors 1,2 zwei Ansätze oder Däumlinge 1 und 2 befestigt sind, welche mit den erwähnten Ansätzen 3 und 4 correspondiren; so ergreift beim Aufwärtsgehen des Treibkolbens

der Ansatz 3 seinen correspondirenden 1 und hebt die kleinen Kolben r, i, k so lange bis der Hebkopf 3 den Ansatz 1 (durch die Bewegung des Sectors 1,2) ausläßt, worauf der Sector, also auch das genannte Kolbensystem ruhig stehen bleibt, während der Treibkolben seinen Lauf aufwärts vollendet. Bei dem darauf folgenden Niedergehen des Treibkolbens geht der Hebkopf 3 vor seinem correspondirenden Ansatz 1 ruhig vorbei, während bald darauf der Kamm 4 seinen correspondirenden Ansatz 2 ergreift und den Sector sammt dem kleinen Kolbensysteme wieder in die vorige, hier gezeichnete Lage herabführt.

Das Spiel der Maschine ist nun leicht einzusehen. In der jetzigen, in der Zeichnung dargestellten Stellung der einzelnen Theile, in welcher der Steuerkolben R (nebst seiner Verbindung) noch im Hinabgehen in dem Raume $b'c'$ begriffen ist, fängt das Kraftwasser von O her (durch die eigenthümliche conische Form des Kolbens, welcher auch noch mit passenden Einkerbungen versehen ist (Fig. 161. b) bereits zu wirken und den Treibkolben P zu heben an. Sobald der Kolben so hoch gestiegen ist, daß durch den eben erwähnten Mechanismus das kleine Kolbensystem r, i, k der Hilfssteuerung gehoben wird, so fängt auch, weil dadurch die Communication zwischen dem ringförmigen Raum w und dem Abflußrohr S (durch den schmalen Canal o und das Rohr $e e_1 e_2 e_3$) frei geworden ist und das Druckwasser aus diesem Raume w abfließen kann, das Kolbensystem R, J, K der Hauptsteuerung zu steigen an, und zwar ist in dem Augenblicke, als der Treibkolben bei verzögerter Geschwindigkeit seinen höchsten Stand erreicht hat, der Steuerungskolben R bereits auf jene Höhe gekommen, bei welcher die bei x_1 auslaufenden Einkerbungen des Kolbens über b' hinaufgekommen sind und dadurch schon eine beginnende Communication zwischen dem untern Theile des Treibcylinders und dem Ausflußrohre S durch die Röhre T entsteht, die sich allmählig immer mehr vergrößert und endlich wenn x_2 nach b , der Kolben R nämlich in den Raum bc gekommen ist, vollkommen herstellt; dadurch fängt nun auch, durch das Gewicht des mit der Treibkolbenstange X verbundenen Pumpen-Gestänges, der Treibkolben zu sinken an, wobei das unter demselben befindliche, bereits gewirkte oder sogenannte todte Wasser, durch die offene Communication YT in das Abflußrohr S fließt. Hat bei diesem Herabgehen des Treibkolbens der vorhin erwähnte Kamm 4, das Kolbensystem r, i, k der Hilfssteuerung, wieder (in die durch die Zeichnung dargestellte Lage) herabgezogen, so tritt das Kraftwasser aus dem Steuerungscylinder durch das Rohr $a_3 a_2 a$ und den schmalen Canal o über den Gegenkolben α in den ringförmigen

Raum w und treibt den Steuerkolben R nach abwärts, welcher in dem Augenblicke als der Treibkolben (ebenfalls nachdem seine Geschwindigkeit nur allmählig bis Null abgenommen) seinen niedrigsten Stand erreicht, die in der Zeichnung angedeutete Stellung angenommen hat, so, daß auch schon in dieser Stellung durch die conische Form des Steuerkolbens und dessen von x'' bis x' reichenden Einkerbungen bewirkt, das Kraftwasser allmählig und wie der Kolben R weiter herabgeht immer mehr zu wirken anfängt und den Kolben P mit wachsender Kraft wieder in die Höhe treibt.

Anmerkung. Durch die bereits erwähnte conische Form, in welcher der Steuerkolben R (welcher in Fig. 161 in einem etwas größeren Maßstabe dargestellt ist) an den beiden Grundflächen ausläuft, so wie den daselbst angebrachten 8 Einkerbungen, gelang es dem Genie eines *Reichenbach* eine der größten Schwierigkeiten, welche sich bei der Bewegung einer gänzlich unelastischen Flüssigkeit ergibt und sowohl in höchst nachtheiligen Stößen und Erschütterungen als in Verlusten an lebendiger Kraft, durch die plötzlichen Geschwindigkeitsänderungen der steigenden und fallenden Wassersäulen besteht, vollkommen zu besiegen, indem dadurch der Treibkolben, folglich auch die Wassersäulen im Fall- und Steigrohr von der Ruhe aus nur allmählig auf die normale Geschwindigkeit (welche übrigens niemals mehr als 6 Fufs betragen soll) und gegen Ende des Laufes eben so wieder allmählig zur Ruhe gebracht werden.

Außer den bereits ersichtlich gemachten Vorzügen der Kolbensteuerung (gegen eine Hahnsteuerung, welche immer mit einer bedeutenden Reibung und Abnützung verbunden), ist noch darauf aufmerksam zu machen, daß der Maschinenwärter die letzte Regulirung der Treibkolben-Geschwindigkeit ganz einfach durch die Handhabung der beiden Hähne a_1 und e , welche den, in und von dem ringförmigen Raume w zu- und abfließenden Wasserstrahl regulirt, bewirken, ja selbst den Gang der Maschine in jedem Augenblicke sistiren und wieder herstellen kann. Denn ist z. B. der Steuerkolben R bei seinem Aufsteigen in die gezeichnete Stellung gekommen, so braucht man nur den Hahn e zu schliessen um die Maschine augenblicklich zum Stillstande zu bringen; sie wird dagegen sogleich wieder durch das Öffnen dieses Hahnes in Bewegung gesetzt. Ein ähnliches Resultat erhält man während des Herabgehens dieses Kolbens R , wobei man jedoch den Hahn a_1 schliessen und im zweiten Falle öffnen muß.

243. Bei dem Umstande, daß das projectirte, mit der Kolbenstange X verbundene, 230 Meter lange Gestänge der Pumpe, welches in einer doppelten Kette (ähnlich jenen bei den Kettenbrücken) besteht, ein Gewicht von 16000 Kilogramm besitzt, mußte zur Herbeiführung eines regelmässigen Ganges dieses bedeutende Gewicht auf irgend eine Weise balancirt werden. Anstatt der sonst üblichen Mittel wurde hier

ein sogenannter hydraulischer Balancier in Anwendung gebracht, welcher ganz einfach in einer zweiten Röhrentour, d. i. in einer verticalen Wassersäule besteht, welche mit dem Abflußrohre *S* communicirt, so, daß also das unter dem Treibkolben befindliche todte Wasser beim Herabgehen desselben nicht frei abfließen kann, sondern diese dem Gewichte des Gestänges entsprechende Wassersäule, welche sonach als Moderator wirkt, heben muß.

Damit jedoch die eben genannte, als Hemmung oder zur Ausgleichung dienende Wassersäule keinen Effectverlust herbeiführe, und wie es bei sonstigen Gegengewichten der Fall, beim Aufsteigen des Treibkolbens durch ihr Gewicht wieder ersetzen und die Druckhöhe des Kraftwassers vermehren könne, wurde die Wassersäulenmaschine nicht auf die Höhe des Abflußcanals, sondern um die Höhe der genannten, den hydraulischen Balancier bildenden Wassersäule tiefer gestellt, wodurch also auch das Gefälle um dieselbe Höhe vermehrt wurde.

Anmerkung. Ohne hier in die letzten Details dieser Maschine, welcher noch eine ganz gleiche Schwester- oder Zwillingmaschine zur Seite steht, einzugehen, die man in der größten Ausführlichkeit im 8. Band (J. 1835) der *Annales des mines* findet, wollen wir hier nur Folgendes bemerken.

Obschon man den Kolbengang durch Veränderung der Distanz der beiden erwähnten Hebköpfe 3 und 4 auf der Leiste *e' e'* reguliren kann; so geschieht diese Regulirung, besonders in Beziehung auf die Geschwindigkeit des Kolbenlaufes, doch noch zweckmäßiger durch zwei Drosselklappen *V* und *V'*, wovon die eine im Zuleitungsrohr *O*, die andere im Ausflußrohr *S* angebracht und jede so eingerichtet ist, daß sie sich von aufsen durch einen einfachen Mechanismus beliebig um ihre verticale Achse drehen läßt, um das betreffende Rohr mehr oder weniger zu schließen; geschieht dieß mit der Klappe *V*, so wird die Geschwindigkeit des Treibkolbens *P* beim Aufwärtsgehen, dagegen mittelst der Klappe *V'* beim Abwärtsgehen vermindert. Man bediente sich in der That dieses Mittels und verringerte durch die Klappe *V* die Zuleitung des Kraftwassers bedeutend, weil die Maschine für den Fall berechnet ist, daß die Pumpe in eine Tiefe von 230 Meter unter den Abflußcanal zu stehen kommt, während bis dahin, als diese Maschine beschrieben worden, die Pumpe erst in einer Tiefe von 170 Meter aufgestellt werden konnte.

Die zweite Bemerkung betrifft die bei dieser Maschine angebrachten Vorrichtungen, um zu verhindern, daß das Steuerkolbensystem *R, J, K* am Ende seines Laufes keinen nachtheiligen Stofs erzeugt. Zu diesem Ende stößt der durch die Stopfbüchse *N, N* gehende hohle Kolben *K* mit seiner obern Grundfläche gegen eine aus zwei Theilen bestehende blecherne Büchse *U, U'*, wovon sich der untere mit Pantoffelholz *U''* ausgefüllte Theil *U'* in den obern an einer eisernen Querstange befestigten Theil *U* hineinschiebt und dadurch einen elastischen Polster bildet. Bei der Abwärtsbewegung

dagegen tritt der an der verlängerten Kolbenstange angebrachte Knopf oder Wulst σ in das mit Wasser gefüllte Gefäß β und indem dieses daraus nur schwer entweichen kann, bildet es ein solches Hinderniß, daß die Abwärtsbewegung des Kolbens ohne Stofs vernichtet wird.

Schlüsslich wollen wir noch bemerken, daß die den hydraulischen Balancier bildende Wassersäule von 14 M. Höhe auf den Treibkolben von $\cdot 8177^m$ Fläche statt 16000^k (als Gewicht des Gestänges) nur einen Druck von 11400^k hervorbringt, daß man jedoch wegen der schlechten Beschaffenheit des Gesteins im Schachte, die Maschine nicht tiefer als um diese 14 Meter herabsetzen und gehörig befestigen konnte, und daß dieses Gewicht für den Anfang, als nämlich die Pumpe nur in einer Tiefe von 170^m arbeitete, also das Gestänge noch nicht ganz 12000^k wog, eine ganz gute Ausgleichung oder Verzögerung in dem herabgehenden Gestänge bewirkte.

Was endlich die Hauptdimensionen dieser Maschine anbelangt; so hat der Treibkolben einen Durchmesser von $1\cdot 0287^m$, und bei einem Lauf von $2\cdot 3^m$, eine Geschwindigkeit beim Aufwärtsgehen (im belasteten Zustande) von $\cdot 3$ und beim Abwärtsgehen (im leeren Zustande) von $\cdot 7^m$, so daß eine Pulsation, d. i. ein Auf- und Abgang binnen $10\cdot 9$ Secunden vollendet ist, oder per Minute nahe $5\frac{1}{2}$ solche Pulsationen Statt finden. Die Durchmesser der drei Steuerkolben R, J, K sind der Reihe nach $\cdot 369, \cdot 404, \cdot 322$ Meter und wiegen zusammen 390^k .

Der kleine Cylinder $e i$ hat im lichten Durchmesser $\cdot 05^m$. Die Fallröhren haben (da man schon vorhandene Röhren benützen wollte) eine innere Weite von nur $\cdot 38^m$. Der Kolben der Pumpe hat einen Durchmesser von $\cdot 45^m$ und denselben Hub wie der Treibkolben. Die Saug- und untern Steigröhren haben eine lichte Weite von $\cdot 275^m$, die obere Tour dieser Steigröhren hat dieselbe Weite wie die Fallröhren. In Bezug auf die Wanddicke bilden sie 5 Reihen und zwar von unten nach oben nach der abnehmenden Progression der Zahlen 56, 48, 40, 32, 24. Die Fallröhren haben eine Wanddicke von $\cdot 027^m$.

Das wirksame Gefälle beträgt, da dieses vom obern Reservoir bis zum Abfluscanal zu rechnen ist, 60 Meter. Endlich erfordert jeder Hub des Treibkolbens, deren per Minute nahe $5\frac{1}{2}$ Statt finden, $1\cdot 88$ Cubikmeter Kraftwasser, was per Secunde $\cdot 173^c$ ausmacht, so wie noch außerdem jeder Kolbenhub $\cdot 33^c$ Einspritzwasser für den ringförmigen Raum w ober dem Kolben J erfordert, was per Secunde nahe $\cdot 03^c$ beträgt.

Die Maschine, so wie die Pumpe wurde dafür berechnet und construiert, um per Minute ein Wasserquantum von $1\cdot 792$ Cubikmeter 230 Meter hoch zu heben.

244. Um nun auch, ohne in eine unnütze weitläufige Theorie einzugehen, diese Wassersäulenmaschine zu berechnen, sey H die Gefällshöhe vom Wasserspiegel des Reservoir bis zum mittlern Stand des Treibkolbens gemessen, \mathfrak{H} die Höhe auf welche das Grubenwasser gehoben

werden soll, h' die Höhe des Wasserspiegels im Reservoir über dem Abzugs canal und h die Höhe dieses Canals über dem Steuerungskolben R bei seinem mittleren Stande. Ferner sey D der Durchmesser und F die Querschnittsfläche des Treibkolbens, D' und F' der Durchmesser und die Fläche des Pumpenkolbens, d, d', d'' und f, f', f'' seyen der Reihe nach die Durchmesser und Querschnittsflächen der Steuerungskolben R, J, K ; Q das per Secunde nöthige Kraft- oder Aufschlagwasser, q das per Secunde zu hebende Grubenwasser, v die mittlere Geschwindigkeit des Treib- und Pumpenkolbens beim Aufwärtsgehen, v' jene beim Niedergehen, p das Gewicht eines laufenden Fusses des Gestänges, so wie endlich γ das Gewicht eines Kubikfuss Wassers, wenn nämlich alle Dimensionen in Füssen und die Gewichte in Pfunden ausgedrückt werden; so finden sofort folgende Relationen Statt:

Beim Aufgange des Treibkolbens, wenn man die in der Pumpe, so wie in den Fall- und Steigröhren Statt findenden hydraulischen Widerstände zu $\frac{1}{5}$ oder 20 Procent des statischen Druckes annimmt (§. 419):

$$\gamma F H \left(1 - \frac{1}{5}\right) = \gamma F' \mathfrak{H} \left(1 + \frac{1}{5}\right) + (\mathfrak{H} - h) p \dots (a)$$

beim Niedergange dieses Kolbens, wobei das todt unterm Kolben befindliche Wasser wieder auf die Höhe h gehoben wird:

$$\gamma F h \left(1 + \frac{1}{5}\right) = (\mathfrak{H} - h) p \dots (b)$$

Aus dieser Relation (b) folgt:

$$F = \frac{5}{6} \frac{p (\mathfrak{H} - h)}{\gamma h} \dots (1)$$

und wenn man diesen Werth für F in die Relation (a) substituirt und reducirt:

$$\frac{2}{3} p H \frac{\mathfrak{H} - h}{h} = \frac{6}{5} \gamma F' \mathfrak{H} + (\mathfrak{H} - h) p \dots (2)$$

Dabei ist noch, wie leicht zu sehen:

$$h + h' = H \dots (3) \text{ und } D = 1.128 \sqrt{F} \dots (4)$$

Bezeichnet man ferner noch den Reibungswiderstand der drei Steuerungskolben R, J, K mit R und ihr Gewicht mit G ; so ist, beim Hinaufgehen dieser Kolben:

$$\gamma f h + \gamma f' H = \gamma f H + \gamma (f' - f'') h + R + G \dots (c)$$

und beim Niedergange derselben:

$$\gamma (f' - f'') H + \gamma f H + G = \gamma f' H + \gamma f h + R \dots (d)$$

Aus dieser letztern Relation erhält man:

$$f'' = \frac{G - R}{\gamma H} + f \left(1 - \frac{h}{H}\right) \dots (5)$$

und wenn man diesen Werth in (c) substituirt und dann f bestimmt:

$$f = \frac{G+R}{\gamma(H-h)} - \frac{(G-R)h}{\gamma(H-h)H} + f \left(1 - \frac{h}{H}\right) \dots (6)$$

dabei wird f , d. i. der Querschnitt des Steuerungskolbens R willkürlich angenommen.

Die Durchmesser dieser Kolben sind:

$$d = 1.128 \sqrt{f}, \quad d' = 1.128 \sqrt{f'}, \quad d'' = 1.128 \sqrt{f''} \dots (7)$$

Endlich ist, auf die Pumpe übergehend, wie man leicht findet:

$$F' = \frac{v+v'}{v v'} q \quad \text{und} \quad D' = 1.128 \sqrt{F'}$$

oder wenn man substituirt:

$$D' = 1.128 \sqrt{\left(\frac{v+v'}{v v'} q\right)} \dots (8)$$

Beispiel. Es sey, um uns wenigstens annähernd an die bei der *Huelgoal'schen* Maschine vorkommenden Zahlen zu halten, die per Secunde auf die Höhe von 730 Fufs zu hebende Wassermenge = 1 Kubikfufs, die Höhe des Wasserreservoirs über dem Ausfluscanal (als wirksame Gefällshöhe) = 190 Fufs, die mittlere Geschwindigkeit des Treib- und Pumpenkolbens beim Aufwärtssteigen 1 und beim leeren Niedergehen 2 Fufs, ferner das Gewicht der drei Steuerungskolben R, J, K , 600, so wie ihr Reibungswiderstand, schätzungsweise angenommen 400 Pfund und endlich wiege der laufende Fufs des Pumpen-Gestänges 40 Pfund; so ist $q = 1$ $\mathfrak{S} = 730$, $h' = 190$, $v = 1$, $v' = 2$, $G = 600$, $R = 400$, $p = 40$ und $\gamma = 56.5$ zu setzen.

Aus den Relationen (2) und (3) folgt $h = 42$ und damit aus (1) und (4) $D = 3\frac{1}{3}$ und $F = 8.7$, so wie aus (3) $H = 232$.

Nimmt man $f = \frac{1}{7} F = 1.243$, so wird $d = 1.25$ und aus den Relationen (6) und (5) $f' = 1.1078$ und $f'' = 1.0196$, folglich nach (7) $d' = 1.19$ und $d'' = 1.14$

Ferner erhält man aus (8) $D' = 1.4$, so, daß also $F' = 1.54$ wird.

Da der Kolbenhub auf 7.28 Fufs regulirt ist, so braucht derselbe zum Aufsteigen 7.28 und zum Niedergehen 3.64, folglich zu einem Auf- und Abgang 10.92 Secunden, so, daß also per Minute nahe $5\frac{1}{2}$ Kolbenhübe Statt finden. Mit diesen Werthen ist die per Minute gehobene theoretische Wassermenge = $1.54 \times 7.28 \times 5.5 = 61.7$ Kubikfufs, folglich da nach den von *Juncker* an der dortigen Pumpe vorgenommenen Versuchen, die wirkliche Wassermenge nur um $\frac{1}{30}$ oder $3\frac{1}{3}$ Procent geringer als die theoretische ist, die wirkliche Wassermenge = $61.7 - 2.05 = 59.65$ Kubikfufs, so, daß der Abgang auf die verlangte Zahl 60 leicht durch die oben erwähnte Regulirung in der Kolbengeschwindigkeit ersetzt werden kann.

Die per Secunde consumirte Wassermenge beträgt für den Treibkolben nahe 5.8 und für den ringformigen Raum w über dem Gegenkolben J , 6, also zusammen 6.4 Kubikfufs. Die absolute Wirkungsgröße des Kraftwassers ist daher $E_a = 6.4 \times 190 \times 56.5 = 68704$ F. Pf., während der Nutz-

effect $E_n = 1 \times 730 \times 56.5 = 41245$ F. Pf., nämlich 60 Procent von dieser dynamischen Kraft beträgt.

Anmerkung. In der Wirklichkeit ist, wie bereits oben angeführt $D = 3.254$, $D' = 1.423$, $d = 1.167$ $d' = 1.277$ und $d'' = 1.018$ so, das also dabei in der That der Gegenkolben J , so, als ob die 42 Fufs hohe Wassersäule (die dort 44 Fufs beträgt), welche den hydraulischen Balancier bildet, nicht vorhanden wäre, etwas gröfser als der Steuerungskolben R ist, während hier in diesem Beispiele das Gegentheil Statt findet.

Schlüslich ersieht man aus den obigen Relationen (5) und (6) leicht, das eine Änderung in der Annahme der Reibung R , selbst von 400 auf 200 oder 600 fast gar keinen merkbaren Einfluss auf die Bestimmung der Kolbdurchmesser d' , d'' hat, so, das man also in dieser Annahme nichts weniger als sehr genau seyn darf.

Pumpen.

(§. 415.)

245. Nachdem wir die detaillirten Entwicklungen über die verschiedenen Pumpen-Systeme bereits im Compendium von §. 418 bis 429 im Wesentlichen gegeben haben; so sollen hier nur ganz kurz die Resultate derselben, wie sie sich für den practischen Gebrauch am besten eignen, angeführt und übersichtlich zusammengestellt werden.

Bezeichnet h die Höhe, auf welche das Wasser durch das Pumpwerk gehoben, M die Wassermenge in Kubikfufs, welche per Secunde gefördert werden soll, D den Durchmesser des Kolbens, v dessen mittlere Geschwindigkeit, l die gesammte Länge der Röhren, welche das Wasser durchläuft, d den Durchmesser derselben, u die Geschwindigkeit des Wassers in den Röhren, m einen Erfahrungscoeffizienten, welcher von der mehr oder weniger vollkommenen Ausführung der Pumpe abhängt und endlich E_n den Nutzeffect, welchen die Pumpe entwickeln oder besitzen mufs; so ist für einen doppelt wirkenden, oder zwei einfach wirkende Pumpencylinder $M = m \frac{D^2 \pi}{4} v$ und daraus

$$D = 2 \sqrt{\frac{M}{m \pi v}} \dots (1)$$

Eben so folgt für einen blofs einfach wirkenden Cylinder aus $2M = m \frac{D^2 \pi}{4} v$ sofort

$$D = 2.828 \sqrt{\frac{M}{m \pi v}} \dots (2)$$

Was dabei den Erfahrungscoeffizienten m betrifft, so ist dieser