effect $E_n = 1 \times 730 \times 56\cdot5 = 41245^{\text{F. Pf.}}$, nämlich 60 Procent von dieser dynamischen Kraft beträgt.

Anmerkung. In der Wirklichkeit ist, wie bereits oben angeführt $D = 3\cdot254$, $D' = 1\cdot423$, $d = 1\cdot167$ $d' = 1\cdot277$ und $d'' = 1\cdot018$, so, dafs 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.

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

Pumpen.

(§. 415.)

245. Nachdem wir die detaillirten Entwickelungen 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

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

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

$$D = 2\cdot828\sqrt{\frac{M}{m\pi v}} \quad . . \quad (2)$$

Was dabei den Erfahrungscoeffizienten m betrifft, so ist dieser für sehr vollkommen ausgeführte Pumpen, wie z. B. bei den ***Reichenbach***'schen in Baiern und der *Juncker*'schen in dem Bergwerk von ***Huelgoat*** (siehe S. 257), beinahe gleich 1, nämlich $m = \cdot 97$, für etwas weniger vollkommene Pumpen ist $m = \cdot 9$ und für gewöhnliche $m = \cdot 8$ zu setzen.

Als mittlere Kolbengeschwindigkeit nimmt man für sorgfältig ausgeführte Pumpen $v = \cdot 6$ bis $\cdot 9$ und bei unvollkommener Ausführung $v = 8$ bis $1 \cdot 1$ Fuſs.

Anmerkung. Eine wesentliche Bedingung einer guten Pumpe liegt schon deſshalb in einem langsamen Kolbengange, weil es dadurch leichter möglich wird, die Bewegung von der Ruhe aus nur allmählig beginnen und eben so wieder aufhören zu lassen, und da an dieser Bewegung sowohl die zu hebende Wassersäule, als auch die Ventile Theil nehmen, so geht weder lebendige Kraft, noch auch durch die Ventile Wasser verloren, weil sich diese, bevor der Kolben vollständig zur Ruhe kommt und seine Bewegung (eine sogenannte Sinusversus-Bewegung) wechselt, schon ganz nahe an ihren Sitzen befinden und dann augenblicklich schlieſsen, wie dieſs z. B. bei der oben (S. 253) erwähnten *Juncker*'schen Pumpe (welche unter einem Drucke von nahe 23 Atmosphären arbeitet) wirklich der Fall ist. Dazu ist jedoch eine besonders gute Liederung des Kolbens erforderlich, weil dieser sonst um so mehr Wasser durchläſst oder verliert, je langsamer er sich bewegt. Aus diesem Grunde gibt man dem Kolben bei einer unvollkommenen Herstellung der Pumpe eine gröſsere Geschwindigkeit als bei einer vollkommenen Ausführung.

Aus demselben Grunde ist auch (damit das Kolbenspiel nicht zu oft wechseln darf) ein langer Kolbenschub vortheilhafter als ein kurzer. Dort wo die Anlagskosten, wie z. B. bei den Bergwerkspumpen, weniger in Anschlag kommen, um den zu einem langen Hub kostspieligeren Bewegungs-Mechanismus herzustellen, nimmt man den Kolbenhub $\lambda = 3$, 4 ja selbst bis $5\,D$, während man für gewöhnliche Pumpen $\lambda = 2\,D$ und für sehr compendiöse wohl auch nur $\lambda = D$ setzt.

246. Bezeichnet man die Höhe der Wassersäule, welche dem Reibungswiderstande des Wassers in den Röhren entspricht wieder durch z, so ist (Nr. **178**, Relat. 2):

$$z = \frac{4l}{d}(\alpha u + \beta u^2) \quad (3)$$

und dabei $\alpha = \cdot 00001733$, $\beta = \cdot 0003483$.

Um nun den zum Betriebe eines Pumpwerkes nöthigen Effect einfach auszudrücken, kann man drei Cathegorien annehmen und setzen:

für sehr vollkommene Pumpwerke $E_n = 1 \cdot 1\, \gamma M (h + z)$ (4)

für gute Pumpwerke . . . $E_n = 1 \cdot 2\, \gamma M (h + z)$ (5)

für gewöhnliche Pumpwerke . . $E_n = 1 \cdot 25\, \gamma M (h + z)$ (6)

Anmerkung. Für gewöhnliche Pumpen ist die Röhrenlänge l, folglich auch der Röhrenwiderstand so gering, daſs man die Widerstandshöhe z vernachlässigen oder als Null ansehen kann.

Den lichten Durchmesser der Ventile, so wie der Saug- und Steigröhre nimmt man in der Regel $= \frac{1}{2} D$, dadurch wird die Geschwindigkeit des Wassers in diesen Röhren 4 Mal so groſs als im Kolbenrohr oder $u = 4v$, folglich (nach der obigen Annahme von v) von $2\frac{1}{2}$ bis $4\frac{1}{2}$ Fuſs.

Beispiel. Es soll für eine Fabrik ein Pumpwerk angeordnet werden, welches per Secunde eine Wassermenge von 1 Kubikfuſs auf eine Höhe von 30 Fuſs fördert; dabei soll dasselbe durch ein Wasserrad betrieben werden, wofür ein Gefäll von 16 Fuſs disponibel ist.

Wählt man hierzu ein Pumpwerk von zwei einfach wirkenden Cylindern und setzt, um ganz sicher zu gehen, die Wassermenge, welche die Pumpe liefert, um $\frac{1}{5}$ kleiner als das vom Kolben zurückgelegte Volumen; so ist $\frac{D^2 \pi}{4} v = (1 + \frac{1}{5}) M$ und daraus wegen $M = 1$ und wenn man auch $v = 1$ nimmt, sofort $D = 1{\cdot}24$ Fuſs. Für den Durchmesser der Saug- und Steigröhren nehmen wir $d = \frac{1}{2} D = {\cdot}62$ Fuſs und eben so weit machen wir auch die Ventile im lichten Durchmesser. Der Nutzeffect dieser Pumpe kann nach der obigen Formel (5) ausgedrückt werden, so, daſs man hat
$$E_n = 1{\cdot}2\, \gamma\, M\,(h + z).$$

Nun ist wegen $u = 4v = 4$ nach der Relation (3) die Widerstandshöhe $z = 193{\cdot}5 \times {\cdot}005642 = 1{\cdot}08$, so, daſs wir $z = 1$ Fuſs setzen können. Mit diesem und den übrigen Werthen ist nun, wenn man substituirt:
$$E_n = 1{\cdot}2 \times 56{\cdot}5 \times 1 \times 31 = 2101{\cdot}8^{\text{ F. Pf.}} = \frac{2101{\cdot}8}{430} = 4{\cdot}89$$
d. i. sehr nahe 5 Pferdekräfte.

Wählen wir nun zum Betriebe dieser Pumpe bei dem vorhandenen Gefälle von 16 Fuſs ein oberschlächtiges Wasserrad, und suchen nach dem Grundsatze, daſs wenn der Receptor oder aufnehmende Theil (§. 278) seine vortheilhafteste Geschwindigkeit besitzt, auch das Werkzeug oder der arbeitende Theil die zweckmäſsigste Geschwindigkeit annehmen soll, den geometrischen Zusammenhang oder einfachsten Bewegungs-Mechanismus herzustellen, indem wir vorläufig nur versuchsweise die Umfangsgeschwindigkeit des Wasserrades nach Nr. 227 (Anmerk.) $v = 4{\cdot}8$, folglich die Geschwindigkeit, mit welcher das Wasser in das Rad eintritt, $V = 2v = 9{\cdot}6$ Fuſs setzen. Nach derselben Nr. ist dann der Halbmesser des Rades
$$R = \frac{1}{2}\left(h - \frac{V^2}{2g}\right) = \frac{1}{2} \times (16 - 1{\cdot}487) = 7{\cdot}25 \text{ Fuſs.}$$

Die Anzahl der Umdrehungen des Rades per Minute ist
$$n = \frac{60}{2\pi}\frac{v}{R} = 9{\cdot}548 \times \frac{4{\cdot}8}{7{\cdot}25} = 6{\cdot}32.$$

Ist nun λ der noch zu bestimmende Kolbenschub bei der Pumpe und v die Kolbengeschwindigkeit, so ist

$$2n\lambda = 60v \text{ oder } \lambda = \frac{30v}{n},$$

also für $v = 1$ und $n = 6{\cdot}32$ sofort $\lambda = 4{\cdot}75$ Fuſs, ein Kolbenschub, welcher uns nicht ganz convenirt, da er zu groſs ist.

Nehmen wir daher, um eine gröſsere Umdrehungszahl n zu erhalten, die Umfangsgeschwindigkeit des Rades $v = 6$, also $V = 12$ Fuſs, so wird $R = \frac{1}{2}(16 - 2{\cdot}322) = 6{\cdot}84$ Fuſs und $n = 8{\cdot}36$, folglich der Kolbenschub $\lambda = \frac{30}{8{\cdot}36} = 3{\cdot}6$ Fuſs.

Da uns aber auch dieser Kolbenschub für die Fabrikspumpe noch zu groſs ist, und wir annehmen, daſs an Aufschlagwasser kein Mangel sey, so wollen wir lieber, anstatt von der Kolbengeschwindigkeit per 1 Fuſs abzugehen, oder den einfachen Bewegungs-Mechanismus einer mit der Radachse verbundenen Kurbel oder excentrischen Scheibe aufzugeben, von der vortheilhaftesten Umfangsgeschwindigkeit des Rades etwas fahren lassen und diese zu $7{\cdot}5$ Fuſs annehmen. Dadurch wird, wie vorhin gerechnet

$$R = 6{\cdot}185, \quad n = 11{\cdot}6 \text{ und } \lambda = 2{\cdot}6 \text{ Fuſs},$$

was eine ganz angemessene Gröſse ist.

Rechnet man den Nutzeffect des Wasserrades hier bloſs zu 60 Procent, so muſs der absolute Effect desselben seyn:

$$E_a = \frac{E_n}{{\cdot}60} = \frac{2101{\cdot}8}{{\cdot}6} = 3503 \overset{\text{F. Pf.}}{} = \frac{3503}{430} = 8{\cdot}15 \text{ Pferdekräfte.}$$

Die per Secunde nöthige Wassermenge Q findet man aus der Relation $\gamma Q \times 16 = 3503$ und zwar folgt daraus $Q = 3{\cdot}87$ Kubikfuſs.

Die Dimensionen des Rades sind nach Nr. 227, Anmerk.

$\frac{b}{a} = 2{\cdot}25 \sqrt[3]{8{\cdot}15} = 4{\cdot}5$ und wenn man den Füllungscoeffizienten $m = \frac{1}{8}$ setzt, nahe genug $a = {\cdot}6$ und $b = 2{\cdot}6$ Fuſs.

Da die Rechnung die Anzahl der Zellen $\frac{2R\pi}{{\cdot}6 + {\cdot}7a} = 38$ gibt, so kann man, je nach dem man ein System von 4, 6 oder 8 Radarmen wählt, dafür die Zahl 36 oder 40 nehmen.