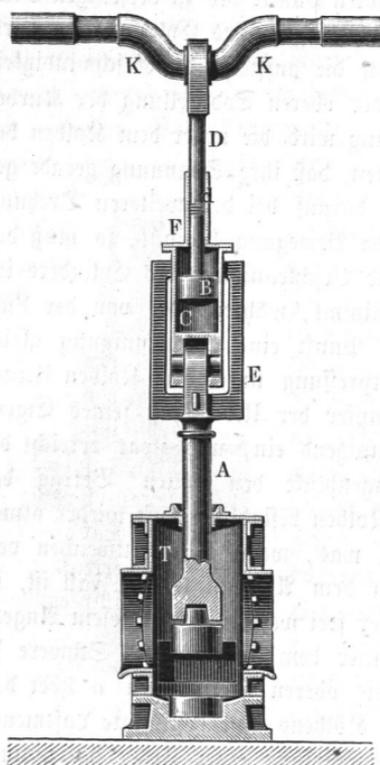


zapfen der Welle *K* gehängt und der Cylinder *C* mit dem Stampfer durch einen starken Zapfen *E* verbunden, so daß der Cylinder ähnlich wie bei oscillirenden Dampfmaschinen um diesen Zapfen schwingen kann. In Folge

Fig. 28.



dieser Anordnung ist nur eine Stopfbüchse *F* erforderlich, und zwar ist dieselbe derart ausgeführt, daß die Kolbenstange mit einigen stählernen Dichtungsringen *d* in der röhrenförmigen Stopfbüchse geführt wird, so daß der dichte Abschluß in ähnlicher Art wie bei dem Kolben *B* im Inneren des Luftcylinders bewirkt wird. Im Uebrigen ist die Wirkungsweise dieser Stampfe nicht wesentlich verschieden von derjenigen der durch Fig. 27 vorgestellten Anordnung.

Jeder dieser Stampfer arbeitet in der Regel in einem besonderen Stampfstroge *T*, welcher auf drei Seiten mit Sieben zum Austragen des gepochten Gutes (s. §. 13) versehen ist, während die vierte Seite die Eintragöffnung enthält. Der Stampfer hatte bei der in der angeführten Quelle angegebenen Maschine ein Gewicht von 9 Ctrn. und machte in der Minute 120 bis 125

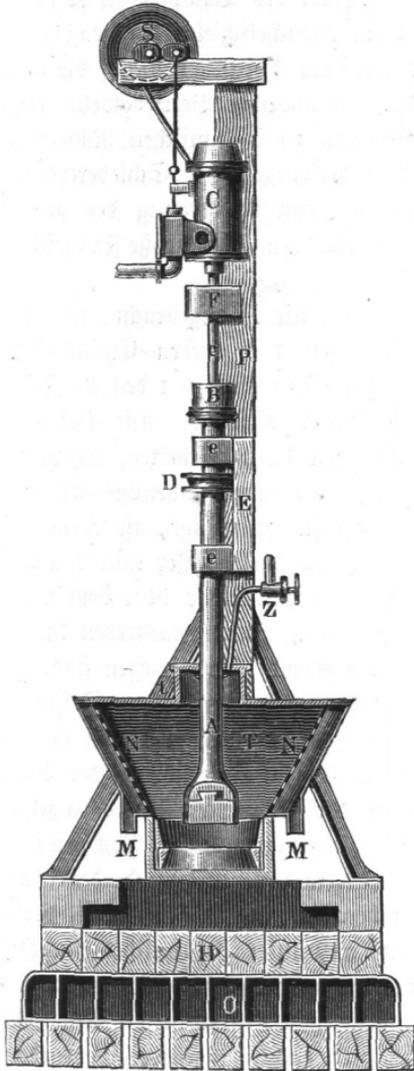
Schläge. Wegen des bedeutenden Stampfergewichtes, sowie wegen der großen Schlagzahl ist die Leistung eines solchen Stampfers erheblich größer, als die eines der gewöhnlichen durch Daumen gehobenen Stampfer; die Wirkung scheint eine sehr befriedigende zu sein.

Man hat auch wohl die Stampfer in ein- oder zweiarmlige Hebel gehängt, welche durch Kurbeln bewegt werden; diese Anordnungen, bei welchen ebenfalls eine nachgiebige Verbindung des Stampfers mit dem Hebel nothwendig ist, sind in gewisser Art ähnlich den entsprechend gebauten Hebelhämmern zum Schmieden, welche in dem von diesen Maschinen handelnden Capitel besprochen werden.

§. 12. **Dampfpochwerk.** Zum Pochen der Kupfererze verwendet man in Canada mit Vortheil direct wirkende Dampfpochwerte, bei welchen die

auf- und absteigende Bewegung des Stampfers durch einen Dampfkolben hervorgerufen wird, dessen Kolbenstange, in der Verlängerung des Stampfers liegend, mit dem letzteren unmittelbar verbunden ist, so daß die Anordnung

Fig. 29.



eine gewisse Uebereinstimmung mit derjenigen der zum Schmieden gebrauchten Dampfhammer zeigt. Ein solcher Dampfstampfer nach der Bauart von Ball⁽¹⁾ ist durch Fig. 29 dargestellt. Die cylindrische, unten zur Befestigung des Stampferschuhes entsprechend verbreiterte Stampferstange A ist mit der aus dem Dampfzylinder C nach unten heraustretenden Kolbenstange c durch eine Büchse B verbunden, in welcher durch eingelegte Gummis Scheiben die Verbindung derartig elastisch bewirkt ist, daß die Stößwirkungen des Stampfers A sich nicht auf die Kolbenstange des Dampfzylinders übertragen. Die Führung des Stampferschaftes A geschieht durch die beiden Lager e in dem Rahmen E, und durch eine zwischen diesen Lagern befindliche Riemscheibe wird dem Stampfer eine Drehbewegung ertheilt, zu welchem Zwecke ein Riemen von einer vorhandenen Betriebsmaschine aus auf die Scheibe D geführt ist, welche mittelst Nuth und Feder die Drehung des auf- und absteigenden Stampfers bewirkt.

Der Dampfzylinder ist doppeltwirkend, so daß der Stampfer nicht nur durch den unter den Kolben geführten Dampf erhoben wird, sondern auch eine Beschleunigung beim

¹⁾ S. d. Artikel von Althaus, Ztschr. f. Berg-, Hütten- u. Salinenwesen, 1878.

Fallen durch den über den Kolben geleiteten Dampf erfährt, wodurch natürlich die Wirksamkeit jedes Schlages wesentlich erhöht wird. Da hierbei eine Expansionswirkung nicht stattfindet, so führt man den von dem Cylinder abgehenden Dampf in der Regel einer Niederdruckdampfmaschine zu, um auf diese Weise eine möglichste Ausnutzung des Dampfes zu erreichen.

Zur Steuerung des Dampfes dient ein Muschelschieber der gewöhnlichen Anordnung, welcher seine Bewegung ebenfalls durch einen auf die Riemscheibe *S* geführten Riemen von der vorhandenen Betriebswelle erhält. Eigenthümlich ist hierbei die Anbringung von zwei elliptischen Rädern zwischen der Welle dieser Riemscheibe und derjenigen des Schiebercenters, wodurch die Bewegung des Schiebers für den Niedergang des Kolbens schneller erfolgt als für den Aufgang, um eine thunlichst große Fallgeschwindigkeit des Stampfers zu ermöglichen.

Unter dem Dampfeylinder ist die Bufferbüchse *F* angebracht, welche zur Sicherung gegen ein etwaiges Durchschlagen des oberen Cylinderdeckels dient, indem die Kolbenstange bei zu großer Geschwindigkeit des Aufsteigens mit der Kuppelhülse *B* gegen den Federbuffer *F* stößt. Die Beschickung des Stampfers geschieht bei diesen Maschinen durch Arbeiter, welche fortwährend das Unterschuren besorgen. Damit bei einem ungenügenden Unterschuren der Stampfer nicht auf die Pochsohle aufschlage, ist ferner eine Sicherheitsvorrichtung in folgender Art angeordnet. Der untere Dampfcanal mündet in den Cylinder außer in der unmittelbar über dem unteren Cylinderdeckel angebrachten Haupteintrittsöffnung noch in mehreren kleineren Oeffnungen ein, welche um die Dicke des Kolbens höher gelegen sind. In Folge dessen wird der Dampfkolben, wenn er unter diese kleinen Oeffnungen heruntertritt, auf beiden Seiten von dem Dampfe gedrückt, so daß nunmehr der Dampfkolben stehen bleibt, bis nach gehörigem Unterschuren der Betrieb wieder stattfinden kann, nachdem zuvor der Stampfer etwas angehoben wurde. Da die Höhe des auf der Pochsohle befindlichen Pochgutes eine wechselnde ist, so bleibt der Kolben von dem unteren Cylinderdeckel mehr oder minder entfernt, und da der zwischen ihm und diesem Deckel verbleibende Raum immer zunächst mit Dampf anzufüllen ist, welcher eine Hebearbeit nicht bewirkt, so würde hiermit eine unvortheilhafte Ausnutzung des Dampfes verbunden sein, wenn man den letzteren frei in die Atmosphäre entweichen ließe. Diesem Uebelstande wird dadurch theilweise vorgebeugt, daß man, wie schon bemerkt worden, den aus dem Cylinder tretenden Dampf noch in einer besonderen Niederdruckmaschine nutzbar macht.

Der eiserne Pochtrog *T* ist im unteren Theile cylindrisch, im oberen mit geraden Wänden ausgeführt und seitlich in Führungen zwischen den Ständern *P* des Pochstuhles senkrecht verschieblich gelagert. Da derselbe auf einer Anzahl hölzerner Balken *H* aufruht, welche nur an den Enden auf den

eisernen Schwellen O aufliegen und daher einer gewissen Durchbiegung befähigt sind, so wird hierdurch in Verbindung mit der Verschieblichkeit des Pochtroges eine solche Unterstüzung des letzteren erzielt, bei welcher die Festigkeit des ganzen Gerüstes durch die starken Schläge nicht gefährdet wird. Das Gerüst selbst steht wie bei den Dampfhämmern der Schmiedewerkstätten auf einer Anzahl von Schichten kreuzweise zu einander gelagerter Holzbalken, welche sämmtlich durch Ankerbolzen mit einander verbunden sind.

Die Stampferstange tritt durch ein Rohr t im Deckel des Pochtroges in letzteren ein, durch welches Rohr auch das Pochwasser aus der Zuleitung Z eingeführt wird. Das Austragen der gepochten Masse geschieht durch zwei nach außen übergeneigte Siebe N auf der vorderen und hinteren Seite, an welche sich zur Verhütung des Spritzens außen Vorsektafeln und unten die Röhren M zur Abführung der Trübe anschließen.

Um die Wirkung des Dampfes in diesem Stampfwerke rechnerisch zu verfolgen, sei mit F der Querschnitt des Dampfkolbens und mit F_1 derjenige der Kolbenstange, sowie mit p der wirksame Dampfdruck für die Flächeneinheit bezeichnet, d. h. derjenige Ueberdruck, um welchen die Dampfspannung auf der Hinterseite des Kolbens die um den Reibungswiderstand vermehrte Vorderdampfspannung übertrifft. Bezeichnet dann noch G das Gewicht des Stampfers einschließlich der Kolbenstange und des Dampfkolbens, so hat man die Beschleunigung der Kolbenbewegung für das Aufsteigen:

$$g_1 = \frac{(F - F_1)p - G}{G} g \quad (1)$$

und für das Niederfallen:

$$g_2 = \frac{Fp + G}{G} g \quad (2)$$

wenn $g = 9,81$ m die Beschleunigung der Schwere bedeutet. Man kann nun entweder den aufsteigenden Dampf während des ganzen Kolbenlaufes unter den Kolben leiten, in welchem Falle die in dem Kolben aufgespeicherte lebendige Kraft durch die Bufferfeder aufgenommen und an den Kolben während des Niederganges zurückgegeben wird, oder man kann dem Kolben während des letzten Theiles seines Weges frischen Dampf von oben entgegenführen, so daß ein Anprallen gegen den Buffer nicht stattfindet, und der letztere nur als Sicherung gegen etwaige Zufälligkeiten angewendet wird.

Setzt man zunächst diesen letzteren Fall voraus, wonach der Kolben während des Weges l_1 durch den Dampf getrieben und während des übrigen Weges $l_2 = l - l_1$ durch Segendampf so aufgefangen wird, daß die Geschwindigkeit nach Durchlaufung des Weges l gerade zu Null geworden ist, so bestimmt sich die Zeit eines Aufganges wie folgt. Diese Zeit t_s besteht

aus einem Theile t_1 , während welcher der Kolben auf die Höhe l_1 getrieben wird und einem anderen Theile t_2 , während welcher das Auffangen stattfindet; während der ersten Zeit wirkt die Beschleunigung g_1 , während der zweiten die Verzögerung g_2 auf den Stampfer ein. Demgemäß hat man für die Geschwindigkeit am Ende der Zeit t_1 :

$$v_1 = g_1 t_1 \quad \dots \quad (3)$$

sowie für die Wege:

$$l_1 = \frac{1}{2} g_1 t_1^2 \quad \dots \quad (4)$$

$$l_2 = l - l_1 = \frac{v_1^2}{2g_2} = \frac{g_1^2 t_1^2}{2g_2} = \frac{1}{2} g_1 t_1^2 \frac{g_1}{g_2} \quad \dots \quad (5)$$

Daher erhält man durch Addition:

$$l = \frac{1}{2} g_1 t_1^2 \left(1 + \frac{g_1}{g_2}\right) \quad \dots \quad (6)$$

und

$$t_1 = \sqrt{\frac{2l}{g_1 \left(1 + \frac{g_1}{g_2}\right)}} \quad \dots \quad (7)$$

Mit dieser Zeit t_1 findet man aus (4) die Länge l_1 , bei welcher das Auffangen vorzunehmen ist, und aus (3) die Geschwindigkeit v_1 , welche durch die Verzögerung g_2 in der Zeit

$$t_2 = \frac{v_1}{g_2} = \frac{g_1}{g_2} t_1 \quad \dots \quad (8)$$

vernichtet wird. Es verhalten sich daher die Wegstrecken l_1 und l_2 und die Zeiten t_1 und t_2 umgekehrt wie die zugehörigen Beschleunigungen g_1 und g_2 . Die Zeit zum Steigen ist:

$$t_s = t_1 + t_2 = \left(1 + \frac{g_1}{g_2}\right) \sqrt{\frac{2l}{g_1 \left(1 + \frac{g_1}{g_2}\right)}} \quad \dots \quad (9)$$

Zu dem Fallen von der Höhe l gebraucht der Stampfer die Zeit

$$t_f = \sqrt{\frac{2l}{g_2}} \quad \dots \quad (10)$$

so daß die ganze Zeit eines Spieles hiermit zu

$$t_s + t_f + t_0 \quad \dots \quad (11)$$

gefunden wird, wenn t_0 eine gewisse sehr kleine Zeit vorstellt, während welcher die eigentliche Zertrümmerung der Masse vor sich geht. Die Geschwindigkeit des aufschlagenden Stampfers ist

$$v_2 = g_2 t_f = \sqrt{2 g_2 l} \quad (12)$$

entsprechend einer Höhe beim freien Fall:

$$h = \frac{v_2^2}{2g} = \frac{g_2}{g} l \quad (13)$$

also einer Arbeitsgröße jedes einzelnen Schlages gleich

$$L = Gh = Gl \frac{g_2}{g} \quad (14)$$

Wenn man dagegen ein Auffangen des aufsteigenden Kolbens durch frischen Dampf nicht anordnet, so ergibt sich die Zeit des Steigens zu

$$t_s = \sqrt{\frac{2l}{g_1}} \quad (15)$$

und die Geschwindigkeit, mit welcher der Anprall erfolgt, zu

$$v_1 = t_s g_1 = \sqrt{2 g_1 l} \quad (16)$$

Der Buffer wird vermöge seiner unvollkommenen Elasticität zwar nur einen Theil der dieser Geschwindigkeit entsprechenden mechanischen Arbeit an den Kolben zurückgeben, sieht man indessen von dem betreffenden Verluste ab, so beginnt der Stampfer seine absteigende Bewegung mit derselben Geschwindigkeit v_1 und gebraucht daher zum Durchfallen der Höhe l unter Einfluß der Beschleunigung g_2 eine Zeit t_f , die sich aus

$$v_1 t_f + \frac{1}{2} g_2 t_f^2 = l \quad (17)$$

berechnet.

Die Geschwindigkeit, mit welcher der Stampfer in diesem Falle auf das Pochgut trifft, ist

$$v_2 = v_1 + g_2 t_f \quad (18)$$

entsprechend einer Höhe beim freien Fall von

$$h = \frac{v_2^2}{2g} \quad (19)$$

Beispiel. Der in Fig. 29 dargestellte Ball'sche Stampfer hat nach der angeführten Quelle ein Gewicht von 4500 Pfd. (engl.), wofür rund 2000 kg angenommen werde, und einen Cylinderdurchmesser von 15" = 0,380 m bei einem größten Hube von 28" = 0,7 m. Der Dampfdruck wird zu 6 Atmosphären angegeben. Mit Rücksicht darauf, daß der abgehende Dampf noch die zum Betreiben einer Niederdruckmaschine erforderliche Spannung haben muß, und unter Beachtung der Abkühlungsverluste in der Rohrleitung wird man den treibenden Ueberdruck nicht größer als etwa 3 Atmosphären annehmen können, also $p = 3$ kg für 1 qem Fläche zu setzen haben. Nimmt man noch den Durchmesser der Kolbenstange zu 75 mm an, so ist

$$F = 1134 \text{ qcm}; F_1 = 44 \text{ qcm}$$

und folglich

$$g_1 = \frac{(1134 - 44) \cdot 3 - 2000}{2000} \cdot 9,81 = 6,23 \text{ m}$$

und

$$g_2 = \frac{1134 \cdot 3 + 2000}{2000} \cdot 9,81 = 26,49 \text{ m.}$$

Demnach ist mit $\frac{g_1}{g_2} = \frac{6,23}{26,49} = 0,235$ nach (9):

$$t_s = 1,235 \sqrt{\frac{2 \cdot 0,7}{6,23 \cdot 1,235}} = 1,235 \cdot 0,427 = 0,53 \text{ Sekunden.}$$

Die Länge des Kolbenlaufes l_1 , auf welchem der Dampf unter den Kolben geführt werden muß, ist daher

$$l_1 = \frac{l}{1 + \frac{g_1}{g_2}} = \frac{0,7}{1,235} = 0,566 \text{ m}$$

und der Dampf tritt auf dem Wege

$$l_2 = \frac{g_1}{g_2} \frac{l}{1 + \frac{g_1}{g_2}} = 0,235 \frac{0,7}{1,235} = 0,134 \text{ m}$$

dem Kolben entgegen. Zum Fallen ist nach (10) die Zeit

$$t_f = \sqrt{\frac{2 \cdot 0,7}{26,49}} = 0,23 \text{ Sekunden.}$$

erforderlich, so daß man eine Zeit von mindestens

$$t_s + t_f = 0,53 + 0,23 = 0,76 \text{ Sekunden}$$

voraussetzen muß. Nimmt man die Zeit eines Spieles zu 0,8 Sekunden an, so ergibt sich eine Schlagzahl von

$$n = \frac{60}{0,8} = 75 \text{ in der Minute.}$$

Die Geschwindigkeit des Stampfers beim Aufschlagen ist

$$v_2 = g_2 t_2 = 26,49 \cdot 0,23 = 6,09 \text{ m,}$$

entsprechend einer Höhe beim freien Fall von

$$h = \frac{6,09^2}{2 \cdot 9,81} = 1,89 \text{ m,}$$

so daß die einem Schläge entsprechende mechanische Arbeit zu

$$L = 2000 \cdot 1,89 = 3780 \text{ mkg}$$

und die Arbeit in Pferdekraften zu

$$N = \frac{75 \cdot 3780}{60 \cdot 75} = 63 \text{ Pferdekraften}$$

sich bestimmt.

Wenn der Kolben beim Aufsteigen nicht durch den Dampf aufgefangen wird, so hat man die Zeit t_s zum Steigen nach (15):

$$t_s = \sqrt{\frac{2 \cdot 0,7}{6,23}} = 0,47 \text{ Sekunden}$$

und die Geschwindigkeit beim Anprallen gegen den Buffer

$$v_1 = \sqrt{2 \cdot 6,23 \cdot 0,7} = 2,95 \text{ m.}$$

Demgemäß erhält man die Zeit t_f des Fallens aus

$$2,95 t_f + \frac{1}{2} \cdot 26,49 t_f^2 = 0,7 \text{ zu } t_f = 0,143 \text{ Sekunden.}$$

Es ist also $t_s + t_f = 0,473 + 0,143 = 0,62 \text{ Sekunden.}$

Dies entspricht der Angabe, daß der Stampfer in einer Minute 90 Schläge mache, daß also zu einem Hube die Zeit von $t = 0,67 \text{ Sekunden}$ erfordert wird. Die Geschwindigkeit beim Aufschlagen bestimmt sich in diesem Falle zu

$$v_2 = 2,95 + 26,49 \cdot 0,143 = 6,74 \text{ m,}$$

entsprechend einer Fallhöhe beim freien Fall von

$$h = \frac{6,74^2}{2 \cdot 9,81} = 2,316 \text{ m.}$$

Durch die Einführung des Dampfes über den Kolben wird somit die Wirkung dieser Stampfe wesentlich verstärkt.

Um die zum Betriebe dieser Dampfstampfen erforderliche Dampfmenge von der Tiefe unabhängig zu machen, bis zu welcher der Stampfer herabfällt, hat Leavitt¹⁾ dem Treibapparate die aus Fig. 30 (a. f. S.) ersichtliche Einrichtung gegeben. Hierbei ist die den Stampfer anhebende Kolbenstange e mit zwei Kolben von verschiedenem Durchmesser, einem größeren K und einem kleineren k verbunden, welche in den entsprechenden Cylindern C und c dichtschießend sich bewegen. Der untere kleinere Kolben k dient zum Heben des Stampfers, zu welchem Zwecke durch das Rohr D und den Mantel M hindurch frischer Kesseldampf zugeführt wird, und zwar findet die Verbindung des Raumes unter dem kleinen Kolben mit dem Kessel ununterbrochen statt, so daß hierdurch dem Kolben auch ununterbrochen das Bestreben zum Aufsteigen ertheilt wird. Der Raum oberhalb des großen Kolbens wird durch das Ventil E mit dem Kessel in Verbindung gebracht, sobald die Kolben in der höchsten Stellung angekommen sind und der Niedergang beginnen soll, während bei dem folgenden Aufsteigen durch die Steuerung dieser obere Raum vom Kessel abgesperrt und die Verbindung mit dem Condensator Z hergestellt wird. Der Raum zwischen den beiden Kolben steht ununterbrochen mit dem Condensator in Verbindung. Hieraus ist ersichtlich, daß, wenn f und F die Querschnitte der beiden Kolben, p den Dampfdruck unter dem unteren und über dem oberen Kolben darstellt, und die Spannung des Condensators p_0 beträgt, die beschleunigende Kraft beim Anheben des Stampfers vom ganzen Fallgewichte G durch

¹⁾ Engineering, 1886, 41, 119.

$$f(p - p_0) - G = P_1$$

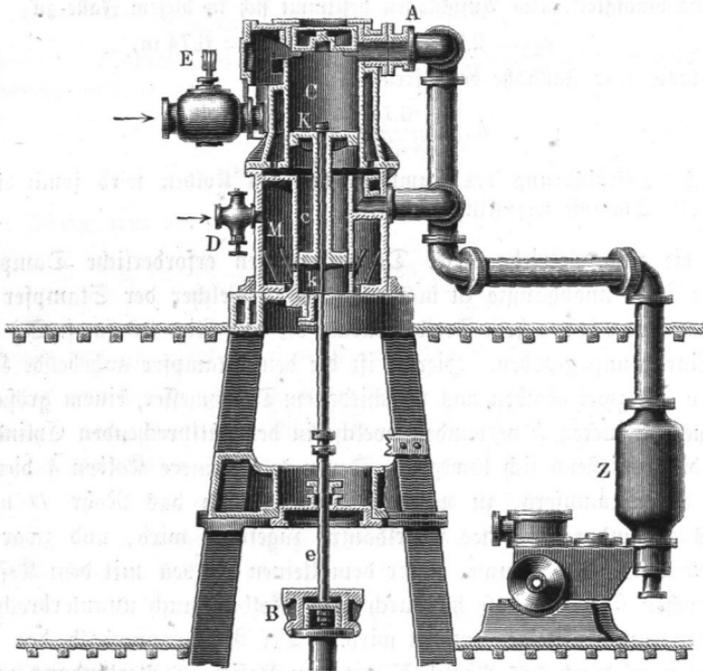
dargestellt ist, indem während des Aufsteigens der große Kolben beiderseits der Spannung des Condensators ausgesetzt ist.

Für das Niederfallen dagegen ist die beschleunigende Kraft durch

$$(F - f)(p - p_0) + G = P_2$$

ausgedrückt. Hiernach lassen sich die Bewegungsverhältnisse in ähnlicher Art ermitteln, wie oben für den Ball'schen Stampfer geschehen. Das

Fig. 30.



Dampfvolumen bestimmt sich für einen Hub von der Fallhöhe h , abgesehen von den schädlichen Räumen des oberen Cylinders, zu

$$V = Fh$$

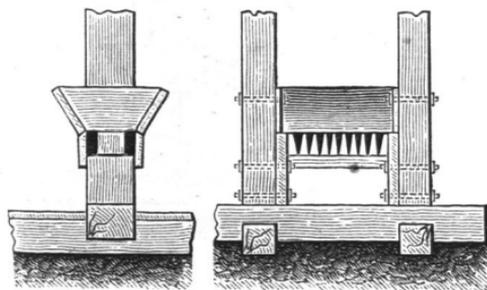
und ist also der Fallhöhe direct proportional. Dieser Dampf wird nur im oberen Cylinder verbraucht, da der beim Steigen unter den kleinen Kolben getretene Dampf bei dem Niedergange wieder in den umgebenden Mantel M bzw. in den Kessel zurückgepreßt wird. Auf diese Weise wird der oben gedachte Dampfverlust vermieden, welcher bei dem Ball'schen Stampfer durch den Zwischenraum veranlaßt wird, der zwischen dem Kolben und dem unteren Cylindendeckel verbleibt. Trotzdem, und obgleich die angeführte

Quelle sich sehr günstig über den Leavitt'schen Stampfer ausspricht, wird bei dessen Betriebe eine sparsame Dampfverwendung nicht zu erzielen sein, weil der stark gespannte Dampf (80 Pfund pro Quadrat Zoll, also nahe 6 Atmosphären), ohne zuvor eine Expansionsarbeit geleistet zu haben, in den Condensator geführt wird.

Ein- und Austragen. Von großem Einflusse auf die Leistung eines §. 13.

Stampfwerkes ist die Art, wie das Pochgut den Stempeln zugeführt und das gepochte Gut aus dem Stampfwerke abgeführt wird. Wie schon oben bemerkt worden, ist das postenweise Verstampfen einer bestimmten Menge, welche bis zur Erreichung der verlangten Feinheit in dem Pochtroge verbleibt, sehr unvortheilhaft sowohl in Bezug auf die Menge wie Beschaffenheit des Erzeugnisses. Diese Art des Pochens läßt sich nur anwenden, wenn, wie in Delmühlen, das Material bis zur größten Feinheit gepocht werden soll. Will man

Fig. 31.



dagegen, wie es zur Erzaufbereitung meist erforderlich ist, eine bestimmte Korngröße erzielen, so muß man ein stetiges Ein- und Austragen der Masse anordnen. Dies geschieht denn auch fast immer bei dem Erzstampfen, höchstens kommen Aus-

nahmen dann vor, wenn in den Erzen gediegene Metallkörner (Gold, Silber, Kupfer) enthalten sind, die sich vermöge ihres großen Gewichtes am Boden des Pochtroges ablagern und von Zeit zu Zeit von dort entfernt werden müssen.

In Betreff des Austragens besteht ein wesentlicher Unterschied zwischen dem Trockenpochen und dem Nasspochen. Das erstere findet nur selten Anwendung, und zwar entweder zum groben Zerkleinern oder Vorarbeiten oder zum Feinpochen solcher Massen, welche an sich hinreichend schmelzwürdig sind, und nur einer genügenden Zerkleinerung bedürfen, ohne daß noch eine Trennung in ihre verschiedenen Bestandtheile erforderlich ist.

Zum Trockenpochen bedient man sich entweder einer massiven Sohle, wie in Fig. 8, oder man stampft auf einer gitterförmig durchbrochenen Platte, bzw. auf einer aus einzelnen Stäben nach Art eines Kofes zusammengesetzten Sohle, Fig. 31. Die etwa 15 bis 20 mm weiten Spalten zwischen den einzelnen Stäben gestatten hierbei der genügend zerkleinerten Masse das selbständige Durchfallen. Es ist deutlich, daß diese Anordnung sich