

fünf Stempeln, von denen jeder bei 0,25 m Hub in der Minute 50- bis 60 mal gehoben wird.

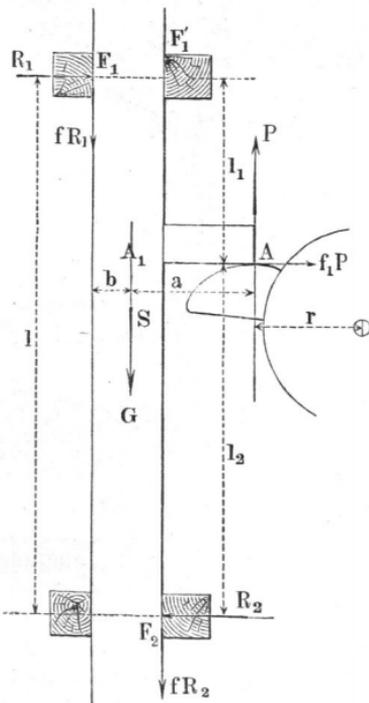
Bei derartigen Stampfern ist dafür zu sorgen, daß immer genügend Material auf der Pochsohle unter den Stempeln sich befindet, weil sonst der Stempel bei zu tiefem Niederfallen mit seiner Anhubscheibe auf die Nabe des Daumens schlägt, womit leicht Brüche verbunden sein können. Das Unterschüren geschieht bei den californischen Pochwerken in der Regel durch Arbeiter.

**Arbeitsaufwand.** Die mechanische Arbeit, welche zu einem Hube §. 8. des Stampfers von dem Gewichte  $G$  kg auf die Höhe  $h$  m unter Vernachlässigung aller Nebenhindernisse erforderlich ist, drückt sich einfach durch

$$A_0 = Gh \text{ mkg} \dots \dots \dots (15)$$

aus. Wegen der Reibung, welche in den Führungen des Stampfers, sowie zwischen dem Daumen und der Hebelatte stattfindet, ist die tatsächlich auf-

Fig. 14.



zuwendende mechanische Arbeit größer als jene reine Hebearbeit, auch geht ein gewisser Betrag an Arbeit durch den Stoß verloren, welcher jedesmal bei dem Beginne des Anhebens zwischen Daumen und Hebelatte auftritt.

Zur Bestimmung dieser Nebenhindernisse sei ein Stampfer mit dem gewöhnlichen Evolventendaumen in der mittleren Stellung vorausgesetzt, Fig. 14, in welcher  $l_1$  und  $l_2$  die lothrechten Abstände der Hebelatte  $AA_1$  von den Mitteln  $F_1$  der oberen und  $F_2$  der unteren Führung sein mögen, deren Entfernung  $F_1F_2$  mit  $l$  bezeichnet werde. Ferner soll

$$a = A_1A$$

den Abstand des Daumeneingriffes von der Mittellinie des Stampfers bedeuten, dessen horizontale Breite  $2b$  und dessen Gewicht  $G$  sei.

Würden Reibungen weder an den Führungen noch am Daumen auftreten, so hätte man einfach

$$P = G,$$

und für jede der beiden in  $F_1$  und  $F_2$  auftretenden gleichen Druckkräfte der Führungen gegen den Stampfer die Größe:

$$R_1 = R_2 = P \frac{a}{l} = G \frac{a}{l};$$



Vergrößerung des Druckes  $R_2$  um  $f_1 P \frac{l_1}{l}$  veranlaßt wird. Für den Fall, daß die Hebelatte gerade in der Mitte zwischen  $F_1$  und  $F_2$  befindlich ist, wird die Vergrößerung des Druckes  $R_2$  gerade gleich der Verringerung von  $R_1$ , nämlich gleich  $f_1 P \frac{l_1}{l} = \frac{1}{2} f_1 P$ , so daß unter dieser Voraussetzung die Summe der Reibungswiderstände in  $F_1$  und  $F_2$  durch die Reibung an der Hebelatte eine Veränderung nicht erfährt. Je näher dagegen die Hebelatte der oberen Führung sich befindet, desto größer fällt die Verringerung von  $R_1$  und desto kleiner die Vergrößerung von  $R_2$  aus, so daß eine höhere Lage der Hebelatte eine Verkleinerung der Führungsreibung im Gefolge hat. In dieser Hinsicht würde die günstigste Höhenlage der Hebelatte diejenige sein, für welche der Druck der oberen Führung  $R_1$  gleich Null wird, bei einer noch höheren Lage würde dagegen der Stampfer gegen die andere Führung  $F_1'$  gedrückt werden, wodurch wieder eine Vergrößerung der Reibung daselbst hervorgerufen würde.

Allgemein bestimmen sich die Kräfte unter Berücksichtigung der Reibung zwischen dem Daumen und der Hebelatte in folgender Weise. Man hat die Gleichgewichtsbedingungen:

$$P = G + f(R_2 + R_1) \dots \dots \dots (5)$$

$$f_1 P = R_2 - R_1 \dots \dots \dots (6)$$

woraus

$$R_1 = \frac{P}{2} \left( \frac{1}{f} - f_1 \right) - \frac{G}{2f} \dots \dots \dots (7)$$

und

$$R_2 = \frac{P}{2} \left( \frac{1}{f} + f_1 \right) - \frac{G}{2f} \dots \dots \dots (8)$$

folgt. Wählt man ferner zum Mittelpunkt der statischen Momente den Punkt  $A_1$ , in welchem die Mittellinie des Stampfers von der Angriffsfläche der Hebelatte geschnitten wird, so erhält man die weitere Gleichung:

$$Pa = R_1 l_1 + R_2 l_2 + f(R_2 - R_1) b \dots \dots \dots (9)$$

oder mit den obigen Werthen von  $R_1$  und  $R_2$ :

$$Pa = \frac{P}{2} \left( \frac{l_1}{f} - f_1 l_1 \right) - G \frac{l_1}{2f} + \frac{P}{2} \left( \frac{l_2}{f} + f_1 l_2 \right) - G \frac{l_2}{2f} + f f_1 P b,$$

woraus nach einfacher Umformung

$$G(l_1 + l_2) = P(l_1 + l_2 - 2fa - f f_1 l_1 + f f_1 l_2 + 2f^2 f_1 b) \dots (10)$$

folgt. Es ergibt sich daher mit  $l_1 + l_2 = l$  für  $P$  der Ausdruck:

$$P = G \frac{l}{l - 2fa + f f_1 (l_2 - l_1) + 2f^2 f_1 b} \dots \dots (11)$$

welcher mit  $f_1 = 0$  natürlich in denjenigen (4) übergeht.

Für den erwähnten günstigsten Fall, in welchem  $R_1 = 0$  ist, hat man für  $A_1$  die Momentengleichung  $Pa = R_2 l_2 + f R_2 b$ , so daß man, da hierbei  $R_2 = f_1 P$  zu setzen ist,

$$Pa = P(f_1 l_2 + f f_1 b) \quad \dots \quad (12)$$

erhält, d. h. man hat hierfür die Bedingung

$$l_2 = \frac{a}{f_1} - fb \quad \dots \quad (13)$$

für die Höhenlage des Daumens.

Die oben ermittelte Kraft  $P$  ist während der Hebung des Stampfers auf die Höhe  $h$  auszuüben, so daß die hierzu erforderliche Arbeit annähernd zu

$$A_1 = Ph = Gh \frac{l}{l - 2fa + f f_1 (l_2 - l_1) + 2f^2 f_1 b} \quad \dots \quad (14)$$

sich bestimmt. Außerdem ist noch zur Ueberwindung der Reibung am Hebedaumen die Kraft  $f_1 P$  auf dem Wege gleich der Daumenlänge  $s = \frac{h^2}{2r}$  wirksam, wozu eine Arbeit

$$A_2 = f_1 P s = f_1 \frac{Ph^2}{2r} \quad \dots \quad (15)$$

gehört.

Endlich bestimmt sich der Verlust an mechanischer Arbeit bei dem Stoße zu Beginn des Anhebens nach der aus Th. I bekannten Formel zu

$$A_3 = \frac{M_s M_w}{M_s + M_w} \frac{v^2}{2} \quad \dots \quad (16)$$

wenn  $M_s$  die gestoßene Masse des Stampfers,  $M_w$  die auf den Angriffspunkt, also den Halbmesser  $r$ , reducirte Masse der armirten Daumenwelle, einschließlich der auf ihr befestigten Daumen und Räder, und  $v$  deren Geschwindigkeit in diesem Halbmesser  $r$  vorstellt. Diese Geschwindigkeit  $v$  und die Anhubgeschwindigkeit  $c$  des Stampfers stehen nach den Formeln des Stoßes in der Beziehung zu einander

$$M_w v = (M_s + M_w) c,$$

also ist

$$v = c \frac{M_s + M_w}{M_w} \quad \dots \quad (17)$$

und man kann, sobald die Masse  $M_w$  der Welle diejenige  $M_s$  des Stampfers bedeutend übertrifft, hinreichend nahe  $v = c$ , und den Arbeitsverlust gleich

$$A_3 = M_s \frac{c^2}{2} = G \frac{c^2}{2g} \quad \dots \quad (18)$$

setzen. Diese Arbeit wird auf Zusammendrückung der stoßenden Theile des Daumens und der Hebelatte verwendet und geht unter der Annahme eines vollkommen unelastischen Stoßes für die beabsichtigte Hebewirkung gänzlich verloren, indem sie auf Abnutzung der stoßenden Theile wirkend in Wärme umgesetzt wird.

Da der Stampfer nach beendigtem Stoße die Geschwindigkeit  $c$  angenommen hat, vermöge deren er die mechanische Arbeit

$$A_4 = G \frac{c^2}{2g} \dots \dots \dots (19)$$

enthält, so ergibt sich die ganze, von der Daumenwelle während einer Hebung eines Stampfers aufzuwendende Arbeit ohne Berücksichtigung der Reibung in den Lagern der Welle und an den betreibenden Rädern derselben zu

$$A = A_1 + A_2 + A_3 + A_4 = \left(1 + f_1 \frac{h}{2r}\right) G h \frac{l}{l - 2fa + ff_1(l_2 - l_1) + 2f^2 f_1 b} + G \frac{c^2}{g} \dots \dots \dots (20)$$

worin man die Geschwindigkeit  $c$  auch durch

$$c = \frac{2\pi r n}{60} \dots \dots \dots (21)$$

ersetzen kann.

Durch diese Arbeit wird der Stampfer auf die Höhe  $h + \frac{c^2}{2g}$  gehoben, so daß er, wenn man von den Nebenhindernissen beim darauf folgenden Herabfallen absieht, beim Aufschlagen auf die zu zerkleinernde Masse eine Arbeitsleistung von

$$A_0 = G \left(h + \frac{c^2}{2g}\right) \dots \dots \dots (22)$$

auszuüben vermag. Das Verhältniß

$$\frac{A_0}{A} = \eta \dots \dots \dots (23)$$

kann man den Wirkungsgrad des aus dem Stampfer und Daumen bestehenden Getriebes nennen.

Es berechnet sich natürlich die von der Welle auf ein Stampferwerk mit  $m$  Stampfern zu übertragende ganze Arbeit, wenn jeder Stampfer in der Minute  $z = nu$  Schläge macht, zu  $N = \frac{mzA}{60 \cdot 75}$  Pferdekraft.

In Betreff der Ermittlung der in den Wellenlagern und zwischen den Triebrädern auftretenden Nebenhindernisse muß auf Th. III, 1 verwiesen werden.

Man gewinnt von den Kraftverhältnissen des Stampfwerkes eine klare Anschauung aus dem Diagramm, Fig. 15, worin man die Reibungen in  $F_1$  und  $F_2$  einfach dadurch berücksichtigt, daß man die Wirkungen der Führungen gegen den Stampfer nicht senkrecht zu den Führungen, sondern in den Richtungen  $E_1 F_1$  und  $E_2 F_2$  annimmt, welche gegen die Normalrichtungen zu den Stützflächen unter dem Reibungswinkel

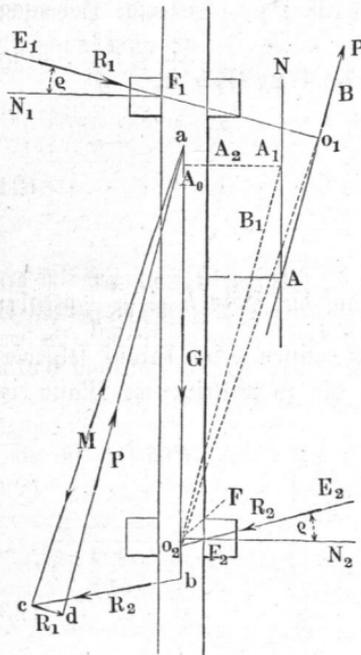
$$E_1 F_1 N_1 = E_2 F_2 N_2 = \varrho$$

geneigt sind, der durch

$$tg \varrho = f$$

bestimmt ist. Der von oben nach unten gerichtete Sinn dieser Kräfte ergibt sich mit Rücksicht darauf, daß die Reibungen in  $F_1$  und  $F_2$  der aufsteigenden Bewegung des Stampfers entgegen wirken.

Fig. 15.



In gleicher Weise hat man die Wirkung des Daumens gegen die Hebelatte in  $A$  nicht in der lothrechten Richtung, sondern unter dem Reibungswinkel

$$\varrho_1 = \arctg f_1 = NAB$$

hiergegen geneigt anzunehmen. Demgemäß läuft die ganze Untersuchung auf diejenige für das Gleichgewicht der vier auf den Stampfer wirkenden Kräfte  $R_1$  in  $E_1 F_1$ ,  $R_2$  in  $E_2 F_2$ ,  $P$  in  $AB$  und  $G$  in der Mittellinie des Stampfers hinaus.

Zu diesem Gleichgewichte muß die Mittelkraft  $M$  von zweien der Kräfte, etwa  $R_1$  und  $P$ , der Mittelkraft der beiden anderen Kräfte  $R_2$  und  $G$  gleich und in derselben Geraden entgegengesetzt sein. Diese fragliche Mittelkraft

muß daher eben sowohl durch den Durchschnitt  $o_1$  zwischen  $R_1$  und  $P$ , wie auch durch den Schnitt  $o_2$  zwischen  $R_2$  und  $G$  gehen, also in die Richtung der Verbindungslinie  $o_1 o_2$  hineinfallen.

Macht man daher nach einem entsprechend gewählten beliebigen Kräftemaßstabe die Strecke  $ab = G$ , und zerlegt dieses Gewicht in die beiden Seitenkräfte  $ac$  parallel mit  $o_1 o_2$  und  $cb$  parallel  $F_2 E_2$ , so erhält man in  $bc = R_2$  die Wirkung der unteren Führung gegen den Stampfer in  $F_2$  und in  $ac$  die Mittelkraft aus dieser Wirkung  $R_2$  und dem Stampfer

gewicht  $G$ . Man hat daher die dieser Mittelkraft  $M = ac$  entgegengesetzte Strecke  $ca$  nach den Richtungen  $cd$  parallel  $E_1 F_1$  und  $da$  parallel  $AB$  zu zerlegen, um in  $da = P$  diejenige Strecke zu erhalten, welche nach dem gewählten Kräftemaßstabe die in  $A$  in der Richtung  $AB$  vom Daumen auf die Hebelatte zu äuffernde Kraft vorstellt. Ebenso giebt die Strecke  $cd$  der Richtung und Größe nach die Kraft  $R_1$  an, mit welcher die obere Führung in  $F_1$  auf den Stampfer wirkt. Man erkennt aus der Zeichnung, daß  $R_1$  kleiner als  $R_2$  ausfällt, weil die Richtung  $da$  oder  $AB$  gegen die Verticale geneigt ist, d. h. wegen der Reibung am Daumen. Es ist auch leicht zu erkennen, daß die Kraft  $R_1$  ganz verschwindet, sobald  $d$  mit  $c$  zusammenfällt, d. h. sobald die Mittelkraft  $M$  eine mit  $BA$  parallele Richtung annimmt. Zieht man daher durch  $o_2$  die Gerade  $o_2 B_1$  parallel zu  $AB$ , d. h. unter dem Reibungswinkel  $\varrho_1$  gegen das Loth geneigt, und ferner durch  $A$  eine lothrechte Linie, so erhält man in  $A_1 A_2$  diejenige Höhenlage der Hebelatte, für welche die obere Führung einem Drucke nicht ausgesetzt ist. Der Abstand  $A_2 F_2$  ergibt sich aus der Figur leicht zu

$$A_2 F_2 = A_0 o_2 - F o_2 = \frac{a}{f_1} - fb,$$

entsprechend der oben gefundenen Gleichung (13).

Beispiel. Wenn ein Stampfwerk mit 12 Stampfern von den in dem Beispiele des §. 6 berechneten Verhältnissen versehen wird, so ist die Arbeit bei einem Gewichte jedes einzelnen Stampfers von 150 kg zu ermitteln. Es war hierfür der Halbmesser  $r = 0,358$  m und die Länge der Hebelatte zu 0,21 m bestimmt; jetzt man eine Dicke des Stampfers  $2b = 0,2$  m voraus, so ist  $a = 0,31$  m, und wenn man  $l_1 = l_2 = 1,2$  m annimmt und die Reibungscoefficienten  $f = f_1 = \frac{1}{8}$  zu Grunde legt, so findet man nach (14) für einen Stampfer und einen Hub gleich 0,4 m die Arbeit

$$A_1 = Ph = 150 \cdot 0,4 \frac{2,4}{2,4 - 2 \cdot \frac{1}{8} 0,31 + \frac{1}{8} \frac{1}{8} (1,2 - 1,2) + 2 \frac{1}{64} \frac{1}{8} 0,1}$$

$$= 155 \cdot 0,4 = 62 \text{ mkg},$$

also  $P = 155$  kg und die Arbeit der Reibung am Daumen

$$A_2 = \frac{1}{8} 155 \frac{0,4 \cdot 0,4}{2 \cdot 0,358} = 4,3 \text{ mkg}.$$

Ferner ist für die vorausgesetzte Anhubsgeschwindigkeit  $c = 0,5$  m der Stoßverlust

$$A_3 = 150 \frac{0,5 \cdot 0,5}{2 \cdot 9,81} = 150 \cdot 0,013 = 1,9 \text{ mkg}$$

und ebenso groß die vermöge dieser Geschwindigkeit in dem Stampfer angesammelte Arbeit. Daher ist der ganze Arbeitsaufwand

$$A = 62 + 4,3 + 1,9 + 1,9 = 70,1 \text{ mkg},$$

so daß der Wirkungsgrad eines Stampfers ohne Berücksichtigung der Zahn- und Zapfenreibung der Welle zu

$$\eta = \frac{A_0}{A} = \frac{150 \cdot (0,4 + 0,013)}{70,1} = \frac{61,9}{70,1} = 0,88$$

folgt. Für 12 Stampfer und 40 Hübe in jeder Minute berechnet sich daher die von der Daumenwelle auszuübende Leistung zu

$$N = \frac{12 \cdot 40 \cdot 70,1}{60 \cdot 75} = 7,5 \text{ Pferdekraft.}$$

Setzt man für die Daumenwelle selbst wegen der Reibungswiderstände in den Lagern und zwischen den Zähnen des Triebrades einen Wirkungsgrad von 0,9 voraus, so ist die von der Betriebsmaschine auf die Daumenwelle zu übertragende Arbeit zu

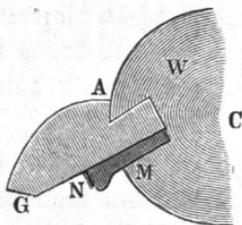
$$\frac{7,5}{0,9} = 8,3 \text{ Pferdekraft}$$

anzunehmen. Der Wirkungsgrad des ganzen Stampfwerkes, einschließlich der Welle berechnet sich demgemäß zu

$$0,9 \cdot 0,88 = 0,79.$$

§. 9. **Anordnung der Daumen.** Die Art und Weise, wie die Hebelatten in den Stempeln verzapft und darin durch Keile festgehalten werden, ist schon in den Fig. 7 und 8 dargestellt, auch ist daraus ersichtlich, daß die Angriffsfläche der Hebelatte durch eine aufgeschraubte Eisenplatte gebildet wird. Da mit dem Abführen des Pocheisens und dem Verändern der Pochsohle die Stellung des Stampfers gegen die Daumenwelle geändert wird, so ist es zweckmäßig, die Hebelatte so im Stampfer zu befestigen, daß ihre Höhenlage entsprechend verändert werden kann, was durch eine Verzweigung sowohl von oben wie von unten erreicht wird. Um ferner einen Stampfer zum Zwecke des Ersatzes oder einer Reparatur aus dem Gerüste

Fig. 16.



herausheben zu können, empfiehlt sich die Anordnung eines Haspels oder einer Winde, während zum bloßen Außergangsetzen eine einfache Sperrklinke dient, welche in eine Vertiefung des Stampfers einfällt, sobald derselbe zu solcher Höhe erhoben wird, daß die Hebelatte der Einwirkung des unter ihr kreisenden Daumens entzogen ist.

Die Daumen sind entweder ganz aus Holz oder aus Gußeisen und Holz, seltener ganz aus Gußeisen gefertigt. Fig. 16 zeigt die Befestigung des hölzernen Daumens AG in der gleichfalls hölzernen Welle CW mit Hilfe des Keiles M, dessen Zurücktreten durch einen Vorstecknagel bei N verhindert wird.

Der Querschnitt einer gußeisernen hohlen Welle, deren Daumen theils aus Gußeisen, theils aus Holz bestehen, ist in Fig. 17 abgebildet. Man