c) Anwendung des Stosses; Einrammen von Pfählen.

Da die Geschwindigkeits-Aenderungen beim Stosse sehr schnell erfolgen, so wird die entsprechende Kraft N häufig sehr gross. Die technische Verwendung des Stosses hat meist den Zweck, mit vergleichsweise einfachen Mitteln grosse Kräfte auszuüben, z. B. beim Eintreiben von Nägeln und Pfählen, beim Schmieden u. dgl. Man könnte einen Nagel auch durch Belastung ins Holz eindrücken; jedoch ist dies zu umständlich; die zum Eindrücken erforderliche Kraft lässt sich mittels eines Hammerschlages in einfachster Weise hervorbringen.

Beim Eintreiben von Nägeln und dem Einrammen von Pfählen sind die Verhältnisse so beschaffen, dass man den Stoss als annähernd unelastisch ($k = 0$) annehmen kann. Auch hat der getroffene Körper M_1 vor dem Stosse die Geschwindigkeit $c_1 = 0$; daher wird

19) $$v = v_1 = u = \frac{Mc}{M + M_1},$$

der Verlust an (äusserem) Arbeitsvermögen

20) $$\mathfrak{A} = \frac{M M_1}{M + M_1} \frac{c^2}{2} = \frac{Mc^2}{2} \cdot \frac{1}{1 + \dfrac{M}{M_1}}.$$

Bei letzterer Schreibweise von $\mathfrak{A}$ ist $\frac{1}{2} Mc^2$ das vor dem Stosse vorhandene Arbeitsvermögen; der zugehörige Faktor ist die Verhältniszahl, welche angiebt, der wievielte Theil des ursprünglichen Arbeitsvermögens verloren geht. Während der sehr kurzen Stossdauer erfolgt noch keine erhebliche Bewegung der Masse M_1; nach dem Stosse aber gehen die Massen M und M_1 mit der gemeinsamen Geschwindigkeit u weiter; der ihnen verbliebene Rest an äusserem Arbeitsvermögen

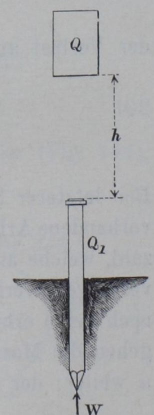
21) $$\mathfrak{A}_1 = \frac{Mc^2}{2} - \mathfrak{A} = \frac{Mc^2}{2} \cdot \frac{1}{1 + \dfrac{M_1}{M}}$$

wird nun dazu verwandt, den Widerstand W, der sich dem Eindringen des Nagels oder Pfahles entgegensetzt, längs eines Weges s, der Eindringungstiefe, zu überwinden. Hiernach ist $\mathfrak{A}_1$ gewissermassen die Nutzarbeit des Stosses, während $\frac{1}{2} Mc^2$ durch Arbeitsaufwand erzeugt werden musste. Man kann daher bei Stössen, die das Eintreiben eines Nagels oder Pfahles zum Zwecke haben, $\mathfrak{A}_1 : (\frac{1}{2} M c^2)$ den Wirkungsgrad des Stosses

22) $$\eta_1 = \frac{1}{1 + \frac{M_1}{M}}$$

nennen. Dieser wird um so grösser, je kleiner $M_1 : M$, oder je grösser $M : M_1$ ist. Es muss daher der treibende Körper möglichst schwer im Verhältnisse zum getriebenen Körper sein. Würde der Hammer nur ebenso schwer sein wie der einzutreibende Nagel, so wäre η nur 0,5, d. h. von der zum Hammerschlag aufgewandten Muskelarbeit würde nur die Hälfte nutzbar, während die andere Hälfte in schädlicher Weise unter Erzeugung von Wärme und Schall dem Nagelkopfe bleibende Formänderungen ertheilte.

Fig. 145.



Beim Einrammen von Pfählen lässt man einen Rammklotz vom Gewicht $Q = Mg$ von einer Höhe h auf den Kopf des Pfahles vom Gewichte $Q_1 = M_1 g$ herabfallen (Fig. 145). Die für einen Schlag zum Heben des Rammklotzes aufgewandte Arbeit Qh setzt sich beim Fallen in äusseres Arbeitsvermögen $\frac{1}{2} M c^2$ um; davon geht der Theil $\mathfrak{A}$ für den Zweck verloren, während mit dem Reste (Gl. 21)

$$\mathfrak{A}_1 = Qh \cdot \frac{1}{1 + \frac{Q_1}{Q}}$$

beide Körper nach dem Stosse sich abwärts bewegen. Ist s die Wegeslänge dieser Weiterbewegung, so verrichtet die Schwere noch die Arbeit $(Q + Q_1)s$, während der Widerstand W des Erdreiches die Arbeit $-Ws$ leistet. Sonach ist

23) $$Ws = (Q + Q_1)s + Qh \frac{1}{1 + \frac{Q_1}{Q}}.$$

Hieraus kann man W berechnen, wenn s beobachtet wurde.

Beispiel: Ist $Q = 1200^{kg}$, $Q_1 = 600^{kg}$, $h = 80^{cm}$ und $s = 0{,}5^{cm}$, so wird

$$W \cdot 0{,}5 = 1800 \cdot 0{,}5 + \frac{1200 \cdot 80}{1{,}5}$$
$$= 900 + 64\,000\,, \quad \text{daher}$$
$$W = 129\,800^{kg}\,.$$

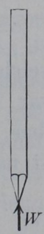
Das Glied $(Q + Q_1)s$ hat so unbedeutenden Einfluss, dass man genau genug

24) $$Ws = Qh \frac{1}{1 + \frac{Q_1}{Q}} \quad \text{setzt, mit}$$
$$W = 128\,000^{kg}\,.$$

Bis zu diesem Werthe dürfte die Belastung des Pfahles steigen, ohne dass der Pfahl einsänke. Da aber diese Rechnung ziemlich roh ist, erfahrungsmässig auch der Widerstand des Erdreiches mit der Zeit abnimmt, so nimmt man von dem nach Gl. 24 berechneten Werthe von W nur etwa $^1/_{18}$ als mit Sicherheit zulässige Belastung, d. h. rund 7000^{kg}.

Berücksichtigung der Elasticität des Pfahles. Nach den Gleichungen 23 und 24 würde jeder Schlag von noch so geringer Fallhöhe h eine gewisse, wenn auch kleine Eindringungstiefe s des Pfahles zur Folge haben, da erst für $h = 0$ auch $s = 0$ wird. Dies trifft aber in Wirklichkeit nicht zu. Bis zu einem gewissen Grenzwerthe h_0 bringen Fallhöhen des Rammklotzes gar keine Eindringung des Pfahles hervor, sondern pressen nur den Pfahl elastisch zusammen, worauf er sich dann wieder ausdehnt. Soll sich nämlich der Pfahl vom Querschnitt F und der Länge l durch Einwirkung von oben unter Überwindung des Widerstandes W abwärts bewegen, so muss an dem unteren Ende des Pfahles eine Spannung $\sigma = W : F$ hervorgebracht sein, und man kann mit einiger Wahrscheinlichkeit annehmen, dass nahezu der ganze Pfahl auf diese Spannung gebracht werden muss, bevor er einsinken wird.

Fig. 146



Dazu ist aber nach S. 101 eine Arbeit $\frac{V}{2}\frac{\sigma^2}{E}$ erforderlich. Diese muss man von dem Arbeitsvermögen des Pfahles und des Rammklotzes abziehen, und erst der Rest ist $= Ws$ zu setzen. Mithin wird, weil $V = Fl$,

25) $$Ws = \frac{Qh}{1 + \frac{Q_1}{Q}} - \frac{W^2 l}{2EF}.$$

Die unwirksame Fallhöhe h_0 erhält man, wenn man $s = 0$ und $h = h_0$ setzt, d. h.

$$\frac{Q h_0}{1 + \frac{Q_1}{Q}} = \frac{W^2 l}{2 E F}. \tag{26}$$

Von der Höhe h wird also nur $h - h_0$ wirksam. Dieser Einfluss wird besonders bei langen Pfählen bedeutend.

Beispiel: Ist wiederum $Q = 1200^{\text{kg}}$, $Q_1 = 600^{\text{kg}}$, $h = 80^{\text{cm}}$, Pfahldicke $d = 30^{\text{cm}}$, $F = 700^{\text{qcm}}$, $l = 10^{\text{m}} = 1000^{\text{cm}}$, $E = 120000^{\text{at}}$, $s = 0{,}5^{\text{cm}}$, so wird

$$W \cdot 0{,}5 = \frac{1200 \cdot 80}{1{,}5} - \frac{W^2 1000}{2 \cdot 120000 \cdot 700}.$$

Dies giebt rund $W = 70000^{\text{kg}}$, wovon man etwa $^1/_{10}$, d. h. 7000^{kg}, als sicher zulässige Belastung des Pfahles nimmt. Für die unwirksame Fallhöhe wird $\frac{1200 \cdot h_0}{1{,}5} = \frac{70000^2 \cdot 1000}{2 \cdot 120000 \cdot 700}$ mit $h_0 =$ etwa 36^{cm}. Mit Berücksichtigung dieses Umstandes wird dann der Wirkungsgrad der Ramme (statt nach Gl. 22) nur sein:

$$\eta_1 = \frac{Q(h - h_0)}{Q h} \cdot \frac{1}{1 + \frac{Q_1}{Q}} = \frac{Q(h - h_0)}{(Q + Q_1) h} = \frac{80 - 36}{1{,}5 \cdot 80} = 0{,}37.$$

Durch Vergrösserung von h würde derselbe erhöht werden. — Grossen praktischen Werth haben vorstehende Formeln leider nicht.

d) Hämmer zum Schmieden oder Nieten.

Die für die äussere Bewegung verloren gehende Arbeit $\mathfrak{A}$, welche unter Erwärmung eine bleibende Formänderung erzeugt, war beim Eintreiben von Nägeln, Pfählen u. dgl. ein Verlust, ist aber beim Schmieden oder Nieten gerade das Nützliche. Hierfür ist nach Gl. 20 (S. 133) der Wirkungsgrad

$$\eta = \frac{\mathfrak{A}}{^1/_2 M c^2} = \frac{1}{1 + \frac{M}{M_1}}. \tag{27}$$

Dieser wird gross, wenn $M_1 : M$ gross wird, d. h. wenn die getroffene Masse gross ist im Verhältnisse zur stossenden Masse. Zu diesem Zwecke legt man das Schmiedestück auf einen schweren Amboss und unterstützt diesen durch einen noch schwereren Körper, die Chabotte, welche bei Dampfhämmern tief in den Erdboden reicht. Amboss und Chabotte bilden dann in Bezug auf die Wirkung des Stosses mit dem Schmiedestück eine einzige Masse M_1. Ist z. B. $M_1 = 10 M$, so wird $\eta = 1 : 1{,}1 = 0{,}91$, d. h. es werden 91 %