

## V. Kapitel.

# Rammen und zugehörige Hilfsmaschinen.

Bearbeitet von  
**R. Graepel,**  
Bauingenieur in Bremen,

unter Mitwirkung von  
**E. Böttcher,**  
Bauinspektor in Bremen.

(Hierzu Tafel XXI bis XXIII und 22 Holzschnitte.)

**§ 1. Einleitende Bemerkungen.** Das Eintreiben der Pfähle und Bohlen geschieht in der Regel durch Einstossen mittels Rammaschinen, außerdem durch Wasserspülung allein oder unter Zuhilfenahme derselben; auch kommt, namentlich für eiserne Pfähle, das Einschrauben vielfach in Anwendung.

In diesem Kapitel soll das Einrammen von Pfählen ausführlicher behandelt werden, während Spülung und Schraubung unter Bezugnahme auf Band I nur kurz besprochen werden mögen.

Bei der Wahl der Mittel zum Eintreiben von pfahlartigen Konstruktionsteilen, welche für die Herstellung von Pfahlrosten, Spundwänden, Bollwerken, Schiffshaltern, Brückenjochen u. s. w. in Frage kommen, sind namentlich die Eindringungstiefe, die Bodenbeschaffenheit, Form und Widerstandsfähigkeit der einzutreibenden Gegenstände, sowie die örtlichen Verhältnisse zu beachten, um durch zweckmäßige Vorrichtungen und vorteilhafte Disposition der Arbeit die günstigsten Resultate zu erzielen.

### A. Beschaffenheit, Armierung und Führung der Hölzer.

**§ 2. Beschaffenheit und Bearbeitung der Hölzer.** Die für das Rammen in Frage kommenden Hölzer haben hinsichtlich ihrer Beschaffenheit in Band I, Kap. VII, bereits eingehende Betrachtung gefunden; es sei jedoch hier der Wichtigkeit wegen nochmals darauf aufmerksam gemacht, daß Pfähle, welche eingetrieben werden sollen, zwar von der Rinde zu befreien und am Kopf und Fuß, soweit nötig, zu bearbeiten sind, daß aber eine weitergehende Bearbeitung in den meisten Fällen unzweckmäßig ist.

Die Kopffläche des Pfahles soll allerdings nicht größer als die Aufschlagfläche des Bären sein, im übrigen ist aber eine Zerstörung des Pfahlkopfs um so weniger zu befürchten, je größer dessen Stirnfläche ist. Das Beschlagen einzurammender Hölzer ist thunlichst zu vermeiden, weil dadurch der innige Zusammenhang der Jahresringe

zerstört und die Widerstandsfähigkeit des Holzes gegen Zersplittern wesentlich beeinträchtigt wird.<sup>1)</sup>

Das zum Einrammen zu verwendende Holz muß vor allen Dingen einen geraden Wuchs haben; es kommt daher namentlich das Nadelholz und zwar hauptsächlich das härtere Kiefernholz in Frage, außerdem kann aber auch das Buchen- und Erlenholz und dort, wo es auf grofse Festigkeit der Pfähle ankommt, Eichenholz<sup>2)</sup> verwendet werden. Krummes Holz ist bei Rammarbeiten nicht zu verwenden, denn der Rammeffekt wird beeinträchtigt oder gänzlich vereitelt, indem solche Hölzer den Schlag des Rammärens durch ihre Biegunselasticität aufnehmen oder zerknicken. Sogar blose Windungen der Holzfasern erschweren das genaue Einrammen, indem durch dieselben ein Drehen der Pfähle bewirkt wird, selbst wenn diese Windungen sich nur an einzelnen Stellen zeigen.<sup>3)</sup> Das einzurammende Holz muß trocken sein, weil nasses Holz weniger widerstandsfähig ist und geringere rückwirkende Festigkeit hat, also der Kopf leicht pelzig wird und der Stofsverlust wegen der starken Compression bedeutender ausfällt.

Die Pfähle werden in der Regel mit dem Wipfelende nach unten eingeschlagen, in einzelnen Fällen jedoch kann auch das umgekehrte Eintreiben zweckmäfsig sein.

Die mit dem Wipfelende nach unten eingetriebenen Pfähle besitzen im allgemeinen eine gröfsere Tragfähigkeit, weil die Einwirkung des umliegenden Bodens hierfür günstiger ist, denn eine Komponente des senkrecht auf die Oberfläche des konischen Pfahls ausgeübten Drucks des umliegenden Bodens wirkt nach oben, hat also das Bestreben den Pfahl zu heben. Umgekehrt sind diese Seitenkräfte nach unten gerichtet, wenn das Stammende nach unten gekehrt ist; man wird also, wenn das Herausziehen oder Auftreiben zu befürchten ist, das Stammende nach unten kehren. Es kommt auch vor, dafs der Boden, in welchen die Pfähle einzutreiben sind, so elastisch ist, dafs, wenn derselbe seitlich belastet oder durch das Eintreiben weiterer Pfähle komprimiert wird, sich hebt und die bereits eingetriebenen Pfähle mit hoch nimmt; in diesem Falle empfiehlt es sich ebenfalls, das Stammende der Pfähle nach unten zu setzen.<sup>4)</sup> In manchen Fällen aber läfst sich das Hochtreiben der Pfähle nur durch Belastung derselben vermeiden, was häufig während der Arbeit durch das Rammgerüst bewirkt werden kann.

Den vorstehenden Auseinandersetzungen entsprechend werden diejenigen Pfähle, welche zum Tragen dienen sollen, mit dem Wipfelende und diejenigen, welche auf Zug oder seitlich in Anspruch genommen werden, mit dem Stammende nach unten gesetzt; es muß aber häufig von dieser Regel abgesehen werden, wenn mit Rücksicht auf die gröfsere Haltbarkeit oder wegen erforderlicher Bearbeitung der oberen Enden der Pfähle es erwünscht ist, die stärkeren Pfahlenden oben zu haben.

Die Längen und Stärken der einzurammenden Hölzer richten sich nach dem Zwecke, welchem sie dienen und nach der Beschaffenheit des Bodens, in welchen

<sup>1)</sup> Bei der Ruhrbrücke zu Düsseldorf haben sich die kantigen Hölzer als für das Einrammen sehr ungeeignet gezeigt. Siehe Zeitschr. d. Arch. u. Ing. Ver. zu Hannover. 1877. S. 583.

<sup>2)</sup> The Arch. Review and American Builder's Journ. 1869. S. 349 u. 405. Ein sehr beachtenswerter Artikel über Fundierungen; hier wird die amerikanische Steineiche (*white oak*), welche sich durch geraden Wuchs auszeichnet, als für das Rammen sehr geeignet bezeichnet.

<sup>3)</sup> Bei den Bauten in Pillau haben gerade Stämme, deren Fasern an einzelnen Stellen Windungen zeigten, während des Einrammens eine volle Umdrehung gemacht. Hagen. Wasserbaukunst. 2. Aufl. S. 620.

<sup>4)</sup> Siehe Bd. I. Kap. VII. S. 718.

sie eingerammt werden sollen, welche letztere nicht nur für das Einrammen, sondern auch für die Haltbarkeit<sup>5)</sup> der Hölzer wesentlich ist.

Für das Einrammen ist es notwendig, daß die Stärken der Hölzer zu den Längen in einem gewissen Verhältnisse stehen, denn bei Hölzern von großer Länge und geringer Stärke wird beim Aufschlagen des Bären ein starkes Federn eintreten, was die Wirkung des Rammens sehr beeinträchtigt und ein Zerknicken der Hölzer zur Folge haben kann.

Bei Tragpfählen wird man selten in die Lage kommen wegen des Einrammens größere Stärken nehmen zu müssen, als die nachherige Belastung der Pfähle sie erfordert, da das Federn im Verhältnis zu dem Rammwiderstande steht und dieser fast immer der verlangten Tragkraft entspricht. Es kommen jedoch Fälle vor, wo wegen des Einrammens größere Holzstärken zu nehmen sind, als die späteren Ansprüche an die Tragfähigkeit der Pfähle sie bedingen, z. B. wenn zur Verhütung von Unterspülungen die Pfähle tiefer eingerammt werden müssen, als die zeitweiligen Bodenverhältnisse es mit Rücksicht auf Tragfähigkeit erfordern, oder wenn beim Rammen einzelne besonders starken Widerstand leistende Schichten, die aber keine dauernde Tragfähigkeit besitzen, zu durchdringen sind. Für die Stärke der Pfähle kommt auch wesentlich die Reihenfolge der zu durchdringenden Schichten in Frage, denn sind die oberen Schichten derart, daß die Pfähle leicht eindringen und stößt man erst bei größerer Tiefe auf erheblichen Widerstand, so kann die Holzstärke geringer genommen werden, als im umgekehrten Falle, indem in ersterem Falle die bereits durchdrungenen Bodenschichten zur Absteifung der Pfähle beitragen und das Federn, sowie die Gefahr des Abbrechens vermindern.<sup>6)</sup>

Aus dem Gesagten geht hervor, daß man die Dimensionen der Hölzer für jeden einzelnen Fall besonders feststellen muß und daß daher hier nur allgemeine Angaben, die beim Projektieren einen Anhalt bieten, gemacht werden können.

Die **Pfähle** müssen erfahrungsgemäß bei festem Sandboden bis zu einer Länge von 3 m eine mittlere Stärke von mindestens 20 cm und darüber hinaus bis zu 5 m Länge eine solche von circa 25 cm im Mittel erhalten. Bei Längen von über 5 m läßt man die Stärken zweckmäßig für jedes Meter größerer Länge um 1,5 cm zunehmen, so daß beispielsweise ein Pfahl von 10 m Länge eine mittlere Stärke von 32,5 cm erhält. Führt diese Regel zu übermäßigen Dimensionen der Hölzer, so wird man, um das Einrammen zu ermöglichen, durch anderweitige Maßregeln, z. B. durch verhältnismäßig leichte, rasch aufeinander folgende Schläge oder mit Wasserspülung, sich helfen müssen.

**Bohlen** von 25 cm Breite lassen sich bis zu 2,5 m Länge bei 7 cm Dicke noch sehr gut in festen Sandboden eintreiben; bei einer Länge von 3 m ist die Dicke jedoch schon auf 10 cm zu erhöhen und man kann annehmen, daß über diese Länge hinaus mit je 1 m Längenzunahme die Dicke um 2,5 cm zunehmen muß.

Die **Nute und Spunde (Federn)**<sup>7)</sup> sind zur Verminderung der Reibung thunlichst glatt herzustellen und werden des dichteren Schließens wegen zweckmäßig

<sup>5)</sup> In San Francisco hat man als Schutz gegen den Bohrwurm Pfähle mit Kies umgeben, wobei sich gezeigt hat, daß später eingetriebene, nicht mit Kies umgebene Pfähle vom Bohrwurm stark angegriffen, hingegen mit Kies umgebene vollständig gesund geblieben waren; ein Beweis, daß der Bohrwurm sich nicht durch den Kies hindurcharbeitet. Engineer. 1873. Bd. 35. S. 174.

<sup>6)</sup> Vergl. Hagen. Wasserbaukunst. 2. Aufl. S. 605.

<sup>7)</sup> Siehe Bd. I. Kap. VII, S. 723.

rechtwinklig genommen. Bei Holzstärken unter 12 cm empfiehlt sich jedoch die Grat- oder Keilspundung, weil sonst die Backen der Nute und die Federn zu schwach ausfallen, so daß sie beim Rammen abspringen, dadurch die Wände undicht machen und das Einrammen erschweren.

**Spundmaschine.** Die Herstellung der Nute und Spunde an den Bohlen geschieht gewöhnlich durch Handbetrieb, bei größeren Bauausführungen ist es jedoch vorteilhafter, sich der Dampfkraft zu bedienen. Eine sehr zweckmäßige Spundmaschine, wie solche bei den Bauten an der Kieler Bucht Verwendung gefunden hat, zeigen Fig. 46 bis 48, Taf. XXIII; sie ist auf einem hölzernen Rahmen montiert und daher leicht transportabel. Der Betrieb erfolgt durch eine Dampfmaschine (Lokomobile), indem die Welle *a* mit den darauf befindlichen Riemenscheiben mittels des Hauptriemens durch die Antriebscheibe *b* in Drehung versetzt wird. Von hier aus erfolgt die Übertragung der Bewegung auf die anderen Teile der Maschine und zwar wird durch die Riemenscheibe *c* eine vertikale Axe *d*, worauf sich zwei horizontale Kreissägen befinden, betrieben. Diese Kreissägen, welche um die Breite der Federn von einander abstehen, dienen, wie aus Fig. 48 ersichtlich, zum Anschneiden der Federn. Durch die Riemenscheibe *e*, Fig. 47, werden die höher belegene Welle *f* und die tiefer liegende Welle *g* mit den darauf befindlichen vertikal stehenden Kreissägen zur Herstellung der für die Federn erforderlichen Vertikalschnitte in Bewegung gesetzt.

Zur Herstellung der Nute dient eine durch die Riemenscheibe *h* in Bewegung gesetzte vertikale Welle *i*, auf welcher Messer angebracht sind, die die Nute aushacken.

Die zu bearbeitende Bohle liegt auf horizontalen Trommeln *k*, welche, wie aus Fig. 47 ersichtlich, in Drehung versetzt werden und ein Vorschieben der Bohle bewirken. Die Seitenführung geschieht durch verstellbare, vertikal stehende Rollen *l*. Damit die Bohle sich auf die Rollen *k* fest auflegt, wird dieselbe durch Hebelvorrichtungen *m* mit Gewichten belastet.

Die Sägen und Messer oder auch nur die betreffenden Wellen, sowie die Führungsrollen, sind den herzustellenden Federn, Nuten und den Dimensionen der zu bearbeitenden Bohlen entsprechend verstellbar.

Bei den Bauten an der Kieler Bucht wurde die Spundmaschine durch eine Lokomobile von 10 Pferdestärken betrieben und konnten damit täglich 300 bis 400 m Bohlen von 20 bis 25 cm Stärke mit Nut und Feder versehen werden.<sup>8)</sup>

Das **Zuspitzen**<sup>9)</sup> der Hölzer muß der Bodenbeschaffenheit entsprechend erfolgen und zwar ist die Länge der Zuspitzung desto geringer zu nehmen, je größer der Widerstand des Bodens ist. Die übliche Länge der Zuspitzung ist das 1 $\frac{1}{2}$ -fache bis zweifache der unteren Stärke des Holzes. Für das Einrammen wäre es wünschenswert, den kantigen Pfählen eine dreiseitige Spitze zu geben, da sie sich hierbei weniger leicht als bei mehrseitiger Spitze drehen. Die dreiseitige Spitze ist aber leichter der Beschädigung ausgesetzt, weil die Seiten unter spitzen Winkeln gegeneinander stoßen und daher zu scharfe Kanten bilden.

Hölzer, welche zur Herstellung geschlossener Wände dienen sollen, werden zweckmäßig nur nach einer Richtung hin in zwei- bis dreifacher Länge der Holz-

<sup>8)</sup> Zeitschr. d. Arch. u. Ing. Ver. zu Hannover, 1876. S. 68.

<sup>9)</sup> Siehe Bd. I. Kap. VII. S. 721.

stärke angeschärft, so daß sie eine Schneide erhalten, welche gleichlaufend mit der Wand gerichtet ist. Ein Abstumpfen der Ecken ist unzweckmässig, weil in die da-

bei entstehenden keilförmigen Öffnungen beim Einrammen sich leicht Steine oder dergleichen hineinsetzen, wodurch das Einrammen und namentlich das Zusammenhalten der Hölzer erschwert wird. Um dicht schließende Wände zu erhalten empfiehlt es sich, die untere Kante der Schneide schräg (siehe nebenstehende Skizze) herzustellen, wodurch beim Einrammen für das Holz das Bestreben entsteht, sich an die bereits stehende Wand anzuschließen.



### § 3. Armierung der Hölzer.

Bei grobkörnigem Boden werden vielfach die Spitzen der Hölzer leicht angebrannt, weil dadurch die Oberfläche derselben härter wird, die Körner des Bodens also weniger sich eindrücken und daher beim Einrammen weniger Reibungswiderstand entsteht. Die Festigkeit des Holzes wird durch das Anbrennen nicht erhöht, vielmehr wird das Holz spröder und bricht leichter ab. Ist die Bodenbeschaffenheit derart, daß sie eine grössere Festigkeit der Pfahlspitzen erfordert, so müssen dieselben durch **eiserne Schuhe**<sup>10)</sup> armiert werden. Höchst wichtig ist hierbei, daß die Verbindung der Schuhe mit den Hölzern eine sichere ist und daß die Hölzer in dem Schuh eine möglichst große Auflagerfläche finden. Pfahlschuhe, die mangelhaft befestigt oder derartig beschaffen sind, daß die Pfähle unten scharf zugespitzt werden müssen, sind durchaus zu verwerfen, weil die Schuhe sich leicht lösen und seitlich ausweichen oder die Pfahlspitzen in denselben zerstört werden, wodurch in beiden Fällen das Eindringen der Pfähle in hohem Mafse erschwert wird.

Stellt man die Pfahlschuhe ganz aus Gußeisen her, so brechen die seitlichen Lappen, womit der Schuh an dem Pfahl befestigt wird, leicht ab, wogegen ganz aus Schmiedeeisen gefertigte Schuhe wegen der schwierigen Arbeit und wegen

Fig. 2.

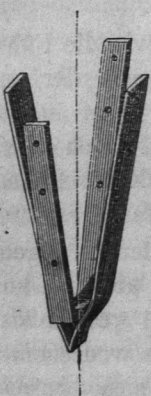
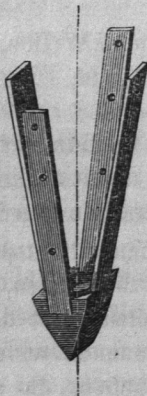


Fig. 3.



des nicht unbedeutenden Gewichtes der dicken Spitze zu teuer kommen. Am richtigsten ist es daher, die Spitze aus Gußeisen und die Befestigungslappen aus Schmiedeeisen herzustellen. Etwas schwierig ist hierbei allerdings die Verbindung der Lappen mit dem Körper der Spitze, weshalb vielfach noch ganz gußeiserne oder ganz schmiedeeiserne Schuhe Verwendung finden. Die Aufgabe ist jedoch in durchaus zufriedenstellender Weise von Defontaine gelöst.<sup>11)</sup> Derselbe hat zunächst zwei gebogene Flacheisen in nebenstehend angegebener Weise zusammengefügt und dann die gußeiserne Spitze herumgegossen, so daß ein zusammenhängender Körper gebildet wird. Diese Schuhe sind

leicht und daher billig herzustellen und können dem Pfahl genau angepaßt werden. Schweißnähte werden hierbei vermieden und die Materialien zweckentsprechend verwendet.

Die Wahl der Verhältnisse dieser Schuhe geschieht zweckmässig nach folgender Tabelle:

<sup>10)</sup> Siehe Bd. I. Kap. VII. S. 721 u. 722.

<sup>11)</sup> Baugewerkszeitung. 1878. S. 551.

Pfahldurchmesser.	Schuhgewicht.	Seite der quadr. Sitzfläche.
0,36—0,40 m	8 kg	0,12 m
0,32—0,35 "	7 "	0,11 "
0,28—0,31 "	6 "	0,10 "
0,24—0,27 "	5 "	0,09 "
0,20—0,23 "	4 "	0,08 "
0,16—0,19 "	3 "	0,07 "

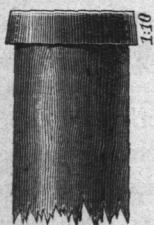
Die Dimensionen der einzelnen Teile lassen sich hiernach leicht ermitteln. Selbstverständlich können vorbeschriebene für Einzelpfähle bestimmte Schuhe auch für Spundpfähle bei entsprechender Umformung Verwendung finden.

Die bis jetzt gebräuchlichen, aber den vorstehend beschriebenen an Güte nicht gleichkommenden Pfahlschuhe haben bereits in dem Kapitel Grundbau, Bd. I, Kap. VII, eingehende Betrachtung gefunden, sodafs hier nur darauf verwiesen zu werden braucht.

Pfahlschuhe sollen übrigens nur dann angewendet werden, wenn wirklich das Bedürfnis vorliegt, denn selbst bei größerem Sand- und Kiesboden ziehen Pfähle ohne Schuhe besser als solche mit Schuhen, wenn letztere nicht so sorgfältig und sicher angebracht sind, dafs seitliche Verschiebung nicht stattfinden kann.<sup>12)</sup> In den meisten Fällen empfiehlt es sich, durch Einschlagen einiger Probepfähle zu ermitteln, ob Schuhe anzuwenden sind oder nicht.

Der **Pfahlkopf** ist rechtwinklig und centrisch zur Längsaxe des Pfahls vollständig eben abzarbeiten, damit die ganze Kopffläche die Schläge aufnimmt und die Inanspruchnahme pro Quadrateinheit möglichst gering wird. Häufig werden die Pfahlköpfe etwas *konvex* abgearbeitet, damit sie in der Mitte getroffen werden; dies ist aber nicht zweckmäfsig, denn, obgleich das Kernholz dem Anprall gröfseren Widerstand leistet, wird es doch wegen der stärkeren Inanspruchnahme bald zerstört werden und sich ein Polster bilden, welches die Wirkung des Stofses vermindert; es empfiehlt sich daher, nur die Kanten des Kopfes etwas abzufasen.

Fig. 4.



M 1:25.

Wird mit schweren Bären und mit großer Fallhöhe gearbeitet, so muß der Zerstörung des Kopfes durch Anbringen von Pfahlringen vorgebeugt werden. Diese Pfahlringe, die aus bestem sehnigen Schmiedeeisen mit langer Schweifsstelle gefertigt werden müssen, erhalten zweckmäfsig eine konische Verjüngung von etwa 1:10. Bei stärkerer Konizität federn die Ringe nach jedem Schläge leicht wieder zurück oder sie werden durch die Gewalt der Schläge auseinander getrieben. Die grösste lichte Weite muß dem Durchmesser des Pfahles entsprechen, denn sind die Ringe kleiner, so dafs sie in den

Pfahl eingelassen werden müssen, so werden diejenigen Fasern des Holzes, auf welchen der Ring aufsitzt, ungünstig in Anspruch genommen, während bei genau passender konischer Form die Fasern beim Niederdrücken des Ringes zusammengepresst werden und dadurch an Haltbarkeit gewinnen. Um einen recht festen Schluss zu erzielen, bringt man die Ringe zweckmäfsig so auf, dafs sie noch 2 bis 3 cm über den Pfahlkopf vorstehen und erst nach einigen Schlägen sich vollständig aufdrücken.

<sup>12)</sup> Hagen, Wasserbaukunst. 2. Aufl. S. 617.

Im allgemeinen genügt eine Stärke der Ringe von 3 cm bei 8 bis 10 cm Höhe, jedoch hat man unter Umständen diese Mafse erheblich zu erhöhen; so sind z. B. bei der Weichselbrücke bei Thorn Ringe von 5,5 cm Stärke und 12,5 cm Höhe zur Anwendung gekommen. Sehr zweckmäfsig erscheint es, Ringe aus Bandeisen spiralförmig zusammen zu schweißen, indem die gröfseren Kosten durch die vermehrte Haltbarkeit mehr als gedeckt werden sollen.

Beim Rammen mufs stets eine gröfsere Anzahl Reserveringe vorrätig sein, da selbst bei bereits als genügend stark erprobten Ringen ein Zerspringen nicht ausgeschlossen ist, was namentlich durch ein ungenaues Aufpassen der Ringe oder durch schräge Schläge des Bären bewirkt werden kann.<sup>13)</sup>

Bezüglich eiserner Rampfpfähle und Platten mag hier auf Bd. I, Kap. VII, des Handbuchs der Ingenieur-Wissenschaften verwiesen werden, wo dieselben eine eingehendere Betrachtung gefunden haben und verschiedene Konstruktionen bildlich dargestellt sind.

**§ 4. Führung der Pfähle.** Die Führung der einzurammenden Pfähle an den Läuferferruten geschieht im allgemeinen durch Festbinden (Würgen mit Tau oder Kette). Für Rammen mit zwei Läuferferruten, bei welchen der Bär vor letzteren läuft, erfolgt die Führung sehr zweckmäfsig in der durch Fig. 56 u. 57 auf Taf. XXI dargestellten Weise. Der Pfahl *a* wird hierbei durch eine Kette *b* umfaßt, welche an einem mit Schraubengewinde versehenen Bolzen *c*, der durch die Läuferferruten hindurch geht, befestigt ist. Hinter den Läuferferruten ist der Bolzen durch ein gufseisernes Gehäuse *d* geführt und kann durch eine Schraubemutter, an welcher sich die Kurbel *f* befindet, beliebig angezogen oder gelöst werden. Um dem Bolzen beim Rammen die notwendige Bewegung zu gestatten, hat die Bohrung in dem Gehäuse eine an den Enden erweiterte Form. Zur Erleichterung des Gleitens an den Läuferferruten und um den Pfahl in einer bestimmten Entfernung zu halten, wird zwischen die Läuferferruten und den Pfahl ein Holz *g* gelegt.

Die Schwierigkeit, Bohlenwände bei grofser Wassertiefe genau einzutreiben, ist von Hamilton E. Towle, Civil-Ingenieur in New-York, in recht zweckmäfsiger Weise gelöst worden.<sup>14)</sup>

Die in Fig. 43 auf Taf. XXIII dargestellte Vorrichtung, Towle's spider (Spinne) genannt, besteht aus einer hölzernen Zange, die aus 30 cm hohen und 20 cm dicken Hölzern, welche um die Dicke der einzutreibenden Bohlen von einander abstehen, gebildet wird. Auf dem vorderen Teile ist noch eine schräg gerichtete Zange und ein beim Einsetzen des Pfahls die Spitze führendes Holz von entsprechenden Dimensionen angebracht. Die Führungszange hängt an hölzernen oder eisernen Hängesäulen, womit sie durch drehbare Bolzen verbunden ist. Die Säulen sind oben ebenfalls durch drehbare Bolzen mit dem fahrbaren Gerüste der Ramme in Verbindung gebracht. Die stets vertikale Stellung des Apparats wird durch ein auf der Zange angebrachtes Gewicht erreicht und kann man an der vertikalen Stellung der Hängesäulen erkennen, ob die Ramme richtig steht. Ein an dem vorderen Ende der Zange angebrachter Flaschenzug dient dazu, den Apparat fest gegen die Bohlen zu drücken

<sup>13)</sup> Bei den Rammarbeiten für die Berliner Stadtbahn wurden 4 cm starke und 10 cm hohe Ringe mit einer konischen Verjüngung von 1 : 10 angewendet. Bei einer mittleren Hubhöhe von 3 m des 1100 kg schweren Bären sprang durchschnittlich bei 10 000 bis 12 000 Schlägen ein Ring. Zeitschr. f. Bauw. 1880. S. 269.

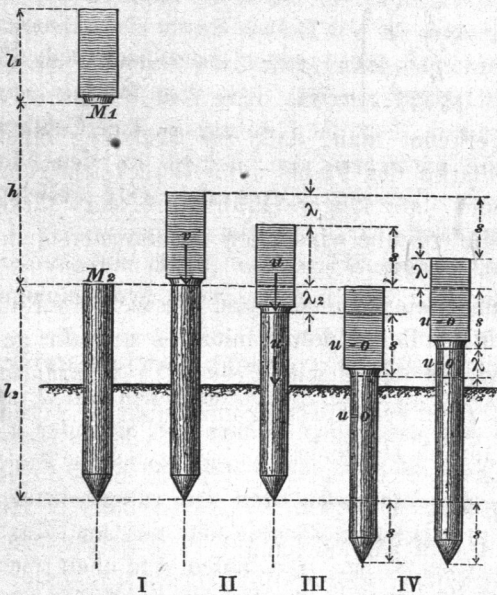
<sup>14)</sup> Engineer. 1871 II. S. 160.

und damit ein dichtes Schließen zu erreichen, während hinten Verankerungen zur Verhinderung seitlicher Schwankungen dienen; hier befindet sich auch ein Flaschenzug, um beim Einsetzen einer neuen Bohle das Rammgerüst mit dem Apparat zurückziehen zu können.

**B. Theoretische Erörterungen.**

**§ 5. Wirkung der Rammen und Tragfähigkeit der Pfähle.** Beim Aufschlagen des Rammklotzes auf den Pfahlkopf wird zunächst eine Kompression beider Körper eintreten und das Eindringen des Pfahls erst dann beginnen, wenn die Kompression einen dem Rammwiderstande  $P$  entsprechenden Druck erzeugt hat. Von diesem Augenblicke an wird eine Geschwindigkeitszunahme für den Pfahl eintreten, während die Geschwindigkeit des Rammklotzes noch weiter abnimmt, so lange bis das Maximum der Kompression eintritt, wo beide Körper gleiche Geschwindigkeit angenommen haben. Da der Rammklotz und der Pfahl beide als elastische Körper anzusehen sind, so wird während des weiteren Eindringens eine Wiederausdehnung beider Körper eintreten, bis die Kompressionskraft wieder auf den Wert  $P$  zurückgegangen ist. Die Kompression hört erst vollständig auf, wenn die Geschwindigkeit beider Körper  $= 0$  geworden, also ein weiteres Eindringen des Pfahls nicht mehr stattfindet.

Fig. 5.



Diesen Betrachtungen entsprechend kann man während eines Schlages vier Perioden, vergl. nebenstehende Figur, unterscheiden.

- I. Fallen des Rammklotzes bis zur Berührung mit dem Pfahlkopfe.
- II. Kompression des Rammklotzes und des Pfahls bis zum Beginn des Eindringens des letzteren.
- III. Eindringen des Pfahls.
- IV. Rückgang des Rammklotzes und des Pfahls aus der Kompression.

Die Größe der Kompression ist abhängig von der Härte der Körper und zwar ist, wenn  $H_1$  die Härte des Rammklotzes und  $H_2$  die Härte des Pfahls bezeichnet, die Kompression des ersteren:  $\lambda_1 = \frac{P}{H_1}$  und die Kompression des letzteren:

$\lambda_2 = \frac{P}{H_2}$ , also die ganze Kompression:  $\lambda = \lambda_1 + \lambda_2 = P \left( \frac{1}{H_1} + \frac{1}{H_2} \right)$  und die zu diesem Zusammendrücken erforderliche Arbeit:

$$L = \frac{P \lambda}{2} = \frac{P^2}{2} \left( \frac{1}{H_1} + \frac{1}{H_2} \right), \dots \dots \dots 1.$$

wobei der Rammwiderstand nur an der Spitze des Pfahls wirkend gedacht und die Reibung an dem Umfange unberücksichtigt geblieben ist.

Ist  $v$  die Geschwindigkeit des Rammklotzes im Momente des Aufschlages und  $u$  die Geschwindigkeit desselben beim Beginn des Eindringens des Pfahls, so muß bis