

Zum Eintreiben von Pfählen kann auch Dynamit verwendet werden, indem auf den Pfahlkopf eine gusseiserne Platte gelegt und an der Oberfläche dieser Platte eine Dynamitpatrone zur Explosion gebracht wird. Versuche am Genfer See sollen gezeigt haben, daß zum Eintreiben einzelner Pfähle in geringe Tiefe dieses Verfahren, da es keinerlei Rüstung bedarf, zweckmäÙig sein könne.<sup>77)</sup>

Zur besseren Übersicht über die mit den verschiedenen Rammen gemachten Erfahrungen möge die auf S. 456 und 457 stehende Tabelle dienen.

## D. Wasserspülung und andere Methoden zum Eintreiben von Pfählen.

### § 53. Allgemeines über Eintreiben von Pfählen mittels Wasserspülung.

Das Eintreiben der Pfähle läßt sich in vielen Fällen durch Wasserspülung wesentlich erleichtern, indem man mittels eines Wasserstrahls den Erdboden an dem ganzen Umfange des Pfahls und namentlich an der Spitze desselben aufweicht und unter Umständen sogar in eine flüssige Masse umwandelt. Die Pfähle dringen hierbei durch ihr eigenes Gewicht um einen großen Teil ihrer Länge in leichteren Boden ein, was natürlich nur so lange stattfinden kann, als der Auftrieb geringer ist als das Gewicht der Pfähle und der etwaigen Belastung. Zur Beschleunigung des Eindringens, oder wenn das Eigengewicht des Pfahls nebst der zweckmäÙig anzubringenden Belastung nicht mehr genügt, kann man durch leichte Rammschläge nachhelfen. Sehr zweckmäÙig ist die Anwendung der Wasserspülung, wenn in vielen Ecken und Winkeln gerammt werden muß, wobei die Anwendung schwerer Rammen, namentlich falls es einer Geleisanlage bedarf, sehr zeitraubend und kostspielig sein würde.

Das Verfahren der Wasserspülung läßt sich jedoch nur anwenden, wenn der Boden aus gleichmäÙigem feinteiligen Moor oder Sand besteht, wobei höchstens geringe Beimengungen von Thon zulässig sind. In Torfboden mit starken Fasern oder in festerem Thonboden ist diese Methode nicht zu empfehlen, weil diese Bodenarten weniger leicht vom Wasser durchdrungen werden.

In dem als geeignet bezeichneten Boden besitzen die eingespritzten Pfähle später die gleiche Tragfähigkeit, wie ohne Wasserspülung eingerammte, da der durch den Wasserstrahl aufgeweichte Boden sich nach Einstellung der Wasserzuführung sehr bald wieder festschlemmt. In zweifelhaften Fällen ist es bei Tragpfählen aber doch anzuraten, entweder sie nicht bis auf ihre ganze Tiefe einzuspritzen und den letzten Teil in der gewöhnlichen Weise einzurammen, oder sich durch einige schwere Schläge von dem festen Stande der Pfähle zu überzeugen.

Einige Schwierigkeiten bereitet beim Einspritzen die Führung der Hölzer, denn da es kaum möglich ist, den Wasserstrahl so zu richten, daß der Boden genau in der Richtung der Längsaxe des Pfahls aufgewühlt wird, so entsteht für diesen fast ausnahmslos das Bestreben, nach der Richtung, wo der Wasserstrahl den Untergrund getroffen hat, sich zu verschieben. Namentlich wirkt dieser Umstand nachteilig, wenn es sich um die Herstellung dicht schließender Wände handelt. Das Eintreiben der Spundbohlen geschieht hierbei einzeln oder tafelförmig. In letzterem Falle dürfte wohl unzweifelhaft der dichteste Schluf zu erreichen sein, es ist hierbei jedoch nachteilig,

<sup>77)</sup> Eisenbahn. 1878. I. S. 31.

dafs der Reibungswiderstand der einzelnen Bohlen unter sich überwunden werden mufs. Da diese Widerstände mit dem tieferen Eindringen erheblich wachsen, so wird bei Herstellung tiefer Wände das Eintreiben einzelner Bohlen vorteilhafter sein.

Die Tafeln werden zweckmäfsig in Absätzen von 1 bis 1,5 m eingerammt, um jederzeit eine möglichst vollständige gegenseitige Führung der Bohlen zu haben. Um ein Ausweichen der Bohlen rechtwinklig zur Wand zu verhindern sind starke Zangen in verschiedener Höhe anzubringen. Auch erscheint es vorteilhaft, gabelförmige Rohre zum Einspritzen zu verwenden, damit gleichzeitig vor und hinter der Wand Wasser zugeführt wird. Das Rohr zur Einführung des Wassers wird zweckmäfsig gar nicht mit dem einzutreibenden Holze verbunden, sondern frei mit der Hand geführt, da man alsdann den Strahl dahin leiten kann, wohin man die Spitze des Holzes führen will; es kann jedoch bei grofser Tiefe die Verbindung des Rohrs mit dem Holze notwendig werden, wenn die Führung aus freier Hand zu schwierig wird. Was am zweckmäfsigsten ist, wird man in jedem einzelnen Falle durch Versuche ermitteln müssen.

Werden die Spundbohlen einzeln eingetrieben, so mufs man den Wasserstrahl dicht neben den bereits stehenden Bohlen einführen, damit die einzutreibenden Bohlen gezwungen werden, sich fest gegen den bereits eingetriebenen Teil der Wand zu lehnen. Um ein Ausweichen rechtwinklig zur Wand zu verhüten, sind hier dieselben Vorkehrungen wie bei dem tafelförmigen Einrammen zu treffen.

Hervorzuheben ist noch, dafs es in allen Fällen mehr auf reichliche Wasserzufuhr als auf grofse Geschwindigkeit des Wasserstrahls ankommt.

**§ 54. Anwendungen und Erfahrungsergebnisse.** Die erste hervorragende Anwendung hat diese Methode des Eintreibens während des amerikanischen Bürgerkriegs im Jahre 1862 gefunden, wobei es sich um das Versperren der Bai von Mobile gegen das Einlaufen der nordstaatlichen Flotte handelte. Es wurden Pfähle von 0,5 bis 1 m Stärke 3,5 bis höchstens 6,5 m tief in Sandgrund eingetrieben. Als Hilfsmittel dienten zwei Dampfer, auf deren Deck die einzutreibenden Pfähle gelagert waren. Zur Hebung und Aufstellung der Pfähle auf den Seegrund wurde in der Mitte eines jeden Dampfers ein etwas seitwärts auslegender Bock errichtet und mit fünf Flaschenzügen versehen. Ebenfalls in der Mitte eines jeden Dampfers war eine Dampfspritze aufgestellt, deren Schieberkasten direkt mit dem Dampfkessel des Schiffes in Verbindung gebracht wurde, um eine möglichst kräftige und nachhaltige Wirkung zu erzielen. Das Saugrohr der Spritze wurde direkt in das Seewasser gelegt und ein etwa 16 m langer Schlauch mit einem im Mundstück 30 mm weiten Rohrende zum Einspritzen der Pfähle ging von dem Windkessel aus. Das Rohrende wurde durch zwei in der Nähe der Pfahlspitze geschlagene Krampen gezogen und mittels eines ebenfalls durchgezogenen, am Wandstück befestigten Taus festgehalten, sodafs das Rohr mit dem Pfahl hinunter ging. Wenn der Pfahl tief genug eingesunken war, wurde das Tau losgelassen und der Schlauch mit dem Rohrende hochgezogen, bis das Mundstück in der Hand des Arbeiters war; erst dann wurde die Spritze aufser Betrieb gesetzt. Die Pfähle drangen mit einer Geschwindigkeit von etwa 0,3 m pro Sekunde ein. Bei der Operation verlor der Grund etwa 0,6 m seiner Höhe, jeder Pfahl stand aber unbeweglich.<sup>78)</sup>

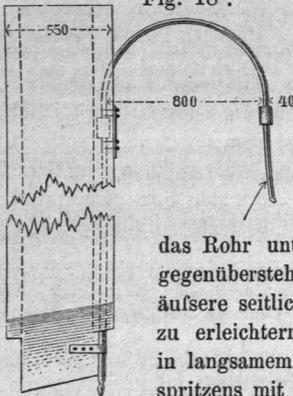
<sup>78)</sup> Deutsche Bauztg. 1874. S. 261.

Tabelle der Hauptdimensionen, Leistungen und Kosten verschiedener Rammen.

Laufende Nummer.	Bezeichnung der Rammen.	Siehe			Anschaffungskosten. Mark.	Tägliche Arbeitszeit. Std.	Zahl der täglich einge- gerammten Pfähle.	Länge der Pfähle. m.	Eingerammte Länge der Pfähle. m.	Stärke der Pfähle. cm.	Gewicht der Pfähle. kg.	Gewicht des Bären. kg.	Anzahl der Schläge pro Pfahl.	Mittlere Hubhöhe des Bären. m.	Kosten für den Arbeitstag.							Bedienungs- mannschaft.	Bodenart.	Bemerkungen.	
		Text.	Tafel.	Figur.											Arbeitslohn. Mark.	Brenn- material. Mark.	Schmier- und Putz- material. Mark.	Laufende Reparaturen. Mark.	Im Gesamten. Mark.	Kosten pro m einge- rammte Pfahlänge. Mark.	Kosten pro einge- rammtes ebn. Mark.				
1.	Zugramme bei dem Bau der Fulda- brücke bei Kragenhof.	—	—	—	10	4,5	—	2,5	34/34	—	485	738,75	1,31	69,50	—	—	—	—	69,50	6,12	—	1 Zimmermann à 3,5 M. 33 Hilfsarbeiter à 2 M.	Kies und darunter schwerer tho- niger, mit Steintrümmern ver- mischter Boden.	Zeitschr. d. Hannov. Arch. u. Ing. Ver. 1858. S. 147.	
2.	Zugramme bei dem Bau der steuerfreien Niederlage zu Harburg.	—	—	—	10	3,2	10,6	5,6	—	—	570	716	1,6	77,5	—	—	—	—	77,5	4,31	—	1 Zimmermann à 3,5 M. 37 Hilfsarbeiter à 2 M.	Sand.	Die Abnutzung des Tauwerks betrug pro m Pfahl 12 Pf., wobei 1 kg Tauwerk 1,13 M. kostete. Zeitschr. d. Hannov. Arch. u. Ing. Ver. 1860. S. 279.	
3.	Zugramme bei dem Bau der Elbbrücke bei Pirna.	—	—	—	12	4,5	—	4,0	22/22	125	750	—	—	—	—	—	—	—	7,00	—	2 Zimmerleute à 4,5 M. 45 Hilfsarbeiter à 2,6 M.	—	Zeitschr. d. Hannov. Arch. u. Ing. Ver. 1878. S. 33 u. 34.		
4.	Kunstramme bei dem Bau der Fulda- brücke bei Kragenhof.	—	—	—	10	0,87	—	4,4	34/34	—	725	—	3,80	11,50	—	—	—	—	11,50	3,00	26,40	1 Zimmermann à 3,5 M. 4 Hilfsarbeiter à 2 M.	Kies und darunter schwerer tho- niger, mit Steintrümmern ver- mischter Boden.	Zeitschr. d. Hannov. Arch. u. Ing. Ver. 1858. S. 147.	
5.	Kunstramme beim Bau der steuerfreien Niederlage zu Harburg.	—	—	—	10	2	9,8	4,8	32—34	—	562 600	147	6,00	14,00	—	—	—	—	14,00	1,75	—	4 Zimmerleute à 3,5 M.	Triebsand.	Zeitschr. d. Hannov. Arch. u. Ing. Ver. 1860. S. 222.	
6.	Kunstramme beim Bau der Elbbrücke bei Pirna.	—	—	—	12	3	4,00	4,00	22/22	12,5	750	—	4,00	33	—	—	—	—	33	2,75	—	1 Zimmermann. 9 Hilfsarbeiter.	Kies gemischt mit Steinen.	Zeitschr. d. Hannov. Arch. u. Ing. Ver. 1878. S. 34.	
7.	Kunstramme beim Bau des Justizpalastes in Braunschweig.	—	—	—	10	11	4,67	6	6	30	—	700	—	2	30,36	—	—	2,33	32,69	1,17	—	—	2 m auftragener Boden, darun- ter feiner thoniger Flusssand.	Kosten ausschließlich Abnutzung der Rammen. Dieselben betragen einschließlich der Abnutzung der Rammen etwa 1,48 M. Wochenschr. d. Ver. Deutsch. Ing. 1879. S. 291.	
8.	Kunstramme mit Lokomobilbetrieb und Frikionssteuerung von L. Schwartz- kopff: a. bei den Hellingsbauten zu Kiel. b. Ramme ähnlicher Konstruktion beim Bau von Brücken über die Nive bei Bayonne.	426 428 428	XXII — —	1 — —	14 200 — —	6 2—3 15	12 — —	7,5 — —	— — —	— — —	700 — 1100	— — —	— 3 —	— — —	16,30 — —	7,50 — —	1,93 — —	7,50 — —	33,43 — —	0,74 — —	— — —	1 Maschinist. 2 Zimmerleute. 3 Hilfsarbeiter.	3 m Thon, dann 4,5 m Sand.	Rammgerüst schwimmend. Einschl. Versetzen der Ramme, größerer Reparaturen, Betriebsstörungen u. s. w., also wirkliche Rammkosten, 2- bis 3 mal so hoch, wie nebenstehend angegeben. Die Ramme war mit Auslösevorrichtung versehen.	
9.	Dampf-Kunstramme mit Lokomobilbetrieb und endloser Kette beim Hafenbau zu Neufahrwasser.	428 u. 429	XXII	2—5	7500	8— 11	9,4 —	— —	42—47	—	1000	—	—	12	7,0	7,0	—	—	24	0,23— 0,32	—	1 Maschinist à 3 M. 2 Zimmerleute à 2,5 M. 2 Hilfsarbeiter à 2 M.	—	In den täglichen Kosten sind 5 M. als Zinsen des Anschaffungskapitals verrechnet.	
10.	Dampf-Kunstramme von Schramm für die Elbbrücke bei Pirna.	432	XXII	16	4100	12	5,5	4,0	—	—	750	—	—	14,70	6,25	1,10	—	—	33,55	1,53	—	1 Maschinist. 1 Zimmermann. 2 Hilfsarbeiter.	Kies mit Steinen gemischt.	Bei den Kostenberechnungen sind 11,50 M. für Un- terhaltung u. Amortisation der Ramme gerechnet.	
11.	Dampf-Kunstramme von Menck & Ham- brock: a. bei den Bauten der Berliner Stadt- eisenbahn. b. beim Bau des Justizpalastes in Braun- schweig.	432 433 434	XXII	31— 34 —	7400 u. 7700 5300	10 — 11	8,9 — 17	10 — 6	10,09 — 6	30 — 30	700 — 800	1100 200— 600	3 — —	50,46 — 49,3	14,40 — 4,90	2,64 — —	12,76 — 13,94	80,26 — 68,14	1,02 — 0,66	— — —	— — —	1 Maschinist à 4 M. 1 Heizer à 3 M. 1 Rammeister à 3,25 M. 2 Zimmerleute à 3 M. 3 Hilfsarbeiter à 2,50 M.	2,5 bis 3 m aufgeschütteter Boden, darunter bis zu 9 m starke Schich- ten Thon und Moor, hiernach fei- ner Sand und feiner Kies.	Ausschließl. Rammjungfern, Pfahlringe und Tau- werk betragen die Kosten pro m Pfahl 0,9 M. In diesen Kosten sind 8,4% Prämienfelder in- begriffen.	
12.	Dampf-Kunstramme von Sissons & White: a. beim Bau der Blocklander Entwäse- rungsanstalt in Bremen. b. beim Bau der Brücke über den Sicher- heitshafen in Bremen. c. bei den Hellingsbauten für den Kieler Kriegshafen. d. ebendasselbst.	434 434 435 435 435	XXII	25 u. 26 — — —	6332 — 6300 7000	10 10 10 10	9,4 15 2,66 2,82	5,8 6,7 12 12,5	5,2 6,5 7,00 7,00	— 28—30 — —	998 998 1050 1000	— — — —	— — 14,25 14,25	— — 5 4,80	1,16 — 1,25 1,25	— — 5,00 5,73	3,4 — — 26,05	27,88 — 25,50 26,05	1,11 — 1,37 1,32	— — — —	— — — —	1 Maschinist à 3,35 M. 1 Zimmermann à 2,8 M. 2 Hilfsarbeiter à 1,85 M. 1 Maschinist. 1 Zimmermann. 2 Hilfsarbeiter. 1 Maschinist. 1 Zimmermann. 2 Hilfsarbeiter. Desgleichen.	Triebsand, darunter 1,5 m fester Sand. Abwechselnd Schichten von Trieb- sand und fest abgelagertem Thon, darunter 1,5 m fester Sand. 3 m Thon und 4 m Sand. Desgleichen.	Ausschließlich aller Nebenarbeiten betragen die Kosten pro m Pfahl 0,69 M. Kosten beziehen sich auf alle Nebenarbeiten, Repa- raturen und Pfahlringe. Kosten ausschließlich Versetzen der Ramme und sonstiger Nebenarbeiten.	
13.	Dampf-Kunstramme von Eassie.	437	XXII	22— 27	—	—	14	9,55	33/33	—	1092	128	3,05	—	—	—	—	—	—	0,84	7,50	1 Maschinist. 3 Hilfsarbeiter.	—	—	
14.	Dampf-Kunstramme von Nasmyth: a. beim Bau des Hafens von Devenport. b. bei den Bauten in Wilhelmshafen: Ramme No. 1 . . . . . Ramme No. 2 . . . . . c. bei den Hellingsbauten an der Kieler Bucht.	439 440 441 442 442	XXII	11—15 — — — —	— — 25 000 25 000 25 000	10 — 10 10 10	16 — 14,5 17,4 12,5	9— 11,33 10 10 7,5	— — — — —	— — — — —	— — — — 1400	— — — — —	— — — — —	— — 43,40 43,77 16,50	— — 6,25 6,25 10,10	— — 3,25 4,27 2,80	— — 6,28 10,59 3,00	— — 59,18 61,90 32,40	— — 0,61 0,47 0,32	— — — — —	— — — — —	1 Maschinist und 12 Hilfsarbeiter.	1,32 bis 1,42 m Meerschlamms, dann 8,5 m Thon und darunter eine Schiefermasse. 3 m Thon, darunter 4,5 m Sand.	Ausschließlich Abnutzung, Amortisation und aller Nebenarbeiten betragen die Kosten pro m Pfahl 0,54 M. beziehungsweise 0,42 M. Schwimmendes Rammgerüst.	
15.	Dampf-Kunstramme von Lewicki, Regulierung der Dünen bei Riga: Ramme No. 1 . . . . . Ramme No. 2 . . . . .	445 446 446	XXII	37— 40 —	8400 8400 —	12 12 12	50 35 —	8 4,50 —	28/18 40 —	300 — —	1316 1316 —	780— 840 —	0,614 — —	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —	— — 0,106	— — —	— — —	— — —	Dünensand.	—	
16.	Dampf-Kunstramme von Chretien.	447	XXII	10	9700	—	10	12	3	—	1200	—	—	18	8	2,50	3,50	—	—	—	—	—	—	Grober Schotter.	Kosten aussch. größerer Rammreparaturen, Ver- zinsung, Amortisation, Versetzen der Ramme und Störungen während des Betriebes.
17.	Pulverramme von Riedinger beim Bau der dritten Elbbrücke zu Dresden.	452	XXIII	31— 34	480	12	20	—	2,2	19/19	—	700	—	—	—	—	—	—	—	—	—	6 bis 8 Hilfsarbeiter.	Kiesig.	In den Kosten sind pro Meter Pfahl 0,34 M. als Amortisation und Unterhaltung inbegriffen.	

Beim Bau der Friedenthaler Schleuse im Ruppiner Schiffahrtskanal wurde bei feinem Sande durch Zuführung von Wasser mittels Druckpumpen ein Vorteil von 30 bis 40% an Arbeitslohn erreicht.<sup>79)</sup>

Während des Baues der Spreebrücke bei Moabit wurde ermittelt, daß es weniger auf hohen Druck als auf reichliche Wasserzufuhr ankommt und daß diese namentlich ununterbrochen stattfinden muß, weil sonst das Wasserzuführungsrohr sich verstopft, der Boden um den Pfahl sich festsetzt und das Aufsteigen des zugeführten Wassers verhindert wird, sodafs die günstige Wirkung des Wassers fast ganz aufhört. Unter Anwendung einer Handpumpe, welche 0,4 cbm pro Minute lieferte und mit Benutzung eines in einer Nute des Pfahls eingelegten Gasrohrs von 2,25 cm Durchmesser drang ein 2 m tief eingesetzter Pfahl durch sein Eigengewicht und eine Belastung von 1500 kg um weitere 1,5 bis 1,75 m tief ein. Ein weiteres Sinken war selbst unter Anwendung leichter Schläge mit einem 350 kg schweren Bären nicht zu erreichen. Bei Anwendung der Wasserleitung, welche 4,5 Atm. Druck hatte, sank ein 2,3 m tief eingesetzter Pfahl in 5 Minuten durch sein Eigengewicht um 3,6 m ein, wobei ein 6,5 cm weites Rohr mit Mundstück am Pfahl herunter geführt war. Als vorteilhaft erwies sich ein Erschüttern des Pfahls durch seitliche Schläge mit einem großen Schmiedehammer, namentlich wirksam war aber ein schnelles Hin- und Herdrehen des Pfahls um seine Längsaxe. Bei einer Belastung mit 500 kg sank auf diese Weise der Pfahl in weiteren 10 Minuten um 1,5 m und wurde dann durch Rammen mit 350 kg schwerem Bären bei 0,5 m Fallhöhe unter fortwährender Wasserzuführung ein weiteres Eindringen um 2 m erreicht, sodafs innerhalb 1 Stunde der Pfahl 7 m tief eingetrieben wurde.<sup>80)</sup>

Fig. 18<sup>a</sup>.Fig. 18<sup>b</sup>.

Beim Bau der Brücke über die Sorge bei Alt-Dollstädt in Ostpreußen wurde eine Spundwand von 58 m Länge und 15 cm Stärke mittels Rammens unter gleichzeitiger Anwendung von Wasserspülung eingetrieben.

Man schob, siehe nebenstehende Figuren, in die Nute der einzutreibenden Bohle ein Gasrohr von 4 cm lichter Weite, welches unten durch Schweißung verengt und oben durch ein mit einem Radius von 40 cm gebogenes Rohr von gleicher Weite mit dem Schlauche einer Feuerspritze verbunden war. An der Spitze hatte das Rohr unten eine Öffnung von 1 cm Durchmesser und zwei seitliche einander gegenüberstehende Öffnungen von 2 bzw. 1,3 cm Durchmesser, von welchen die äußere seitliche nachträglich angebracht werden mußte, um das Ausziehen des Rohrs zu erleichtern. Die Feuerspritze, deren Kolben 200 qcm Querschnitt hatte, wurde in langsamem Tempo von 6 bis 8 Mann bedient und die Bohle während des Einspritzens mit einem leichten Bären bei 0,3 m Fallhöhe eingerammt.

Um den Untergrund für die Betonierung nicht aufzuwühlen, wurden die Bohlen nicht ganz bis zur erforderlichen Tiefe eingespritzt, sondern sofort nach Beseitigung des Gasrohrs die letzten 1,1 m mit einem 350 kg schweren Bären bei 1,1 bis 1,2 m Fallhöhe eingerammt.

Da die Bohlen nur einzeln in dieser Weise eingetrieben werden konnten, war eine besonders sorgfältige Führung erforderlich und wurden dieselben zur Erleichterung derselben doppelt schräg angeschnitten; vergl. S. 400. Es mußte auch darauf geachtet werden, daß der Wasserstrahl aus der größeren seitlichen Öffnung genau in der Richtung der Schneide wirkte.<sup>81)</sup>

Auf diese Weise gelang es, eine Bohle durchschnittlich in 1,5 bis 2 Stunden einzutreiben, während das Einrammen mittels einer Zugramme mit 400 kg und später sogar 450 kg schwerem Bären für jede Bohle 10 bis 11 Stunden erforderte.

Beim Bau des Justizpalastes in Braunschweig<sup>82)</sup> wurden 263 Pfähle von 30 cm Stärke und 6 m Länge 5 m tief eingespült, jedoch das letzte Meter mit einer Kunstramme, deren Bärgegewicht 700 kg betrug und die 2 m Fallhöhe hatte, eingerammt. Der Boden bestand in den oberen 2 m aus aufgetragenem Boden, unter welchem sich etwa 7 m feiner thoniger Flußsand befand. Das Ein-

<sup>79)</sup> Wochenbl. f. Arch. u. Ing. Berlin 1880. S. 414.

<sup>80)</sup> Wochenschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1878. S. 336 und ausführlicher: Baugewerksztg. 1878. S. 132.

<sup>81)</sup> Wochenbl. f. Arch. u. Ing. Berlin 1881. S. 128.

<sup>82)</sup> Wochenschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1879. S. 291.

senken dauerte im günstigsten Falle 2 Minuten, im ungünstigsten dagegen 30 Minuten. Als mittlere Dauer berechnete sich die zum Eintreiben erforderliche Zeit auf 10 Minuten.

Zur Spülung wurde das Wasser der städtischen Wasserleitung benutzt, welches je nach der Tageszeit einen Druck von  $2\frac{1}{2}$  bis 4 Atm. zeigte. Die Pfähle wurden wie bei dem gewöhnlichen Rammen vorgerichtet und erhielten, einander gegenüberstehend, der Länge nach zwei mit leichten Eisenklammern befestigte schmiedeiserne Druckrohre von 50 mm lichter Weite, welche nach der Pfahlspitze zu möglichst ohne Verengung gebogen waren. Am oberen Ende der Rohre waren Verschraubungen mit Normalgewinde zur Anbringung der Wasserschläuche angelötet.

Der Wasserverbrauch betrug pro Pfahl durchschnittlich 7,6 cbm und war mit 15 Pf. pro cbm in Rechnung zu bringen. Unter der Annahme, daß nach Ausführung der Arbeit die mit 1000 M. Anschaffungskosten zu veranschlagende Kunstramme nur noch den halben Wert gehabt habe, berechnen sich die Kosten pro Pfahl wie folgt:

1. Arbeitslohn (Accord) . . . . .	4 M. — Pf.
2. 7,6 cbm Wasser à 15 Pf. . . . .	1 „ 14 „
3. Ramme $\frac{500}{263}$ . . . . .	1 „ 90 „
4. Reparaturen u. s. w. . . . .	— „ 46 „
Summa . . . . .	7 M. 50 Pf.

Mit einer Kunstramme konnte bei einem Bärge wicht von 700 kg in derselben Zeit nur der dritte Teil der Pfähle eingetrieben werden und stellten sich die Kosten zu:

1. Arbeitslohn (Accord) . . . . .	6 M. 50 Pf.
2. Kosten der Ramme $\frac{500}{263}$ . . . . .	1 „ 90 „
3. Reparaturen u. s. w. . . . .	— „ 50 „
Summa . . . . .	8 M. 90 Pf.

Mittels der Dampf ramme von Menck & Hambrock, vergl. S. 432, wurden in derselben Zeit, in welcher 14 Pfähle eingespritzt wurden, 17 eingerammt; während also die Kunstramme 1 Pfahl eintrieb, wurden 3 Stück eingespritzt und 3,6 mit der Dampf ramme eingetrieben.

Nimmt man für die drei angegebenen Rammmethoden an, daß ohne Wasserspülung die Rammen, nachdem 2000 Pfähle eingetrieben, abgenutzt sind, daß aber, wenn die ersten 5 m eingespritzt werden, die Ramme erst nach 4000 Pfählen wertlos geworden, was jedenfalls nicht zu günstig angenommen ist, so stellen sich die Kosten pro Pfahl:

a. für die Kunstramme:

Anschaffungskosten $\frac{1000}{2000}$ . . . . .	— M. 50 Pf.
Betriebskosten . . . . .	7 „ — „
Summa . . . . .	7 M. 50 Pf.

b. für das Einspritzen:

Anschaffungskosten $\frac{1000}{4000}$ . . . . .	— M. 25 Pf.
Betriebskosten . . . . .	5 „ 60 „
Summa . . . . .	5 M. 85 Pf.

c. für die Dampf rammen:

Anschaffungskosten $\frac{5300}{2000}$ . . . . .	2 M. 65 Pf.
Betriebskosten: Arbeitslohn 2,90 M., 18 kg Kohlen 28 Pf., Reparaturen u. s. w. . . . .	4 „ — „
Summa . . . . .	6 M. 65 Pf.

Nimmt man die Kosten für das Rammen mit der Kunstramme als Einheit, so ergibt sich nachstehendes Verhältnis:

Kunstramme	Einspritzen	Dampf ramme
1	0,773	0,887.

Diese Vergleiche, welche auch für ähnliche Bodenverhältnisse zutreffen, zeigen, daß die Kunstramme nicht allein am teuersten, sondern auch am langsamsten arbeitet, und daß das Einspritzen bei geeigneten Bodenverhältnissen am billigsten sich stellt.

Auch beim Einschrauben von Pfählen (siehe Bd. I, Kap. VII, S. 741 des Handbuchs) hat sich die Wasserzuführung als sehr zweckmä ßig erwiesen.

**§ 55. Apparate zum Einschrauben von Pfählen.** Hinsichtlich der Einrichtung eiserner Schraubenpfähle möge hier auf vorerwähnte Quelle verwiesen werden, jedoch ein vom Civilingenieur Neukirch konstruierter zum Einschrauben runder eiserner Pfähle dienender Apparat, siehe Fig. 24 bis 26, Taf. XXIII, welcher sich bei den Bauten der Bremer Lagerhausgesellschaft am Sicherheitshafen zu Bremen sehr gut bewährt<sup>83)</sup> hat, hier Erwähnung finden.

Bei der in Fig. 24 u. 26 dargestellten Vorrichtung befinden sich die in den Pfahl eingreifenden Zähne direkt an den Hebeln, während bei Fig. 25 zwischen den Hebelarmen und den Pfählen mit Zähnen versehene Backen angebracht sind. Letztere Anordnung ist, da die Zähne immer senkrecht gegen den zu drehenden Pfahl gedrückt werden, vorzuziehen.

Dieser Apparat besteht zunächst aus zwei 25 mm dicken Blechplatten, welche durch Gufseisenstücke gehalten werden; zwischen diese sind an den vier Ecken der Platten hölzerne, mit Eisen beschlagene Hebel geschoben, von welchen zwei in einer passenden Hülse stecken und durch einen von oben hineingesteckten Bolzen befestigt werden, während die beiden anderen Arme sich um einen solchen Bolzen drehen können. Die gufseisernen Arme sind an dem einen, in der Zeichnung nicht mehr sichtbaren Ende zur Aufnahme der Hebel ausgebildet, während dem anderen Ende die Form eines Kreissegments gegeben ist, dessen Mittelpunkt nicht in die Drehaxe der Arme fällt. Auf solche Weise wird bei der Drehung der Hebel zugleich ein starker Druck auf die eingelegten gezahnten Stahlstücke ausgeübt, welcher sich auf den Pfahl überträgt und so ein Gleiten des Apparats an demselben verhindert. Diese Vorrichtung kann durch eine unter derselben an dem Pfahl befestigte Zwinde in jeder beliebigen Höhe gehalten werden.

Eine ähnliche Konstruktion fand schon früher beim Bau der Landebrücke in Lewes (Vereinigte Staaten) Anwendung. Hier wurde die Mitnahme der Pfähle beim Drehen mittels eines Rads bewirkt, dessen Nabe Einschnitte erhielt, welche sich nach einer Seite hin verengten; in jeden dieser Einschnitte wurde ein starker Stahlstift gelegt, welche sich beim Drehen fest gegen den Pfahl pressten und das Mitgehen desselben erzielten. Obwohl diese Vorrichtung einfacher ist, dürfte die in Bremen angewendete doch vorteilhafter sein, da sie größere Sicherheit gegen Gleiten bietet.

Die bei den erwähnten Bauten eingeschraubten Pfähle haben eine Länge von 11 m. An jedem Pfahl waren durchschnittlich 25 Mann tätig, welche bei einem mittleren Hebelarme von 4,3 m die 10 Pfähle der Brückenpfeiler in 83 Stunden durchschnittlich 5,5 m tief einschraubten; bei zehnstündiger Arbeitszeit kamen somit auf 1 m Pfahllänge 3,76 Tagewerke. Im günstigsten Falle wurde in 1,7 Tagewerken ein Pfahl 6 m tief und im ungünstigsten Falle ein anderer, der auf Hindernisse stiefs, in 9,1 Tagewerken 5 m tief eingeschraubt. Die Kosten stellten sich bei einem Tagelohn von 3 M. auf 11,28 M. pro m eingeschraubten Pfahles. Dieser sehr hohe Preis erklärte sich aus den vielen zu überwindenden Hindernissen (Buschwerk und Senkfaschinen).

**§ 56. Beim Eintreiben hohler Pfähle** läßt man, falls die Umstände für das Eintreiben mittels Wasserspülung oder Einschraubung nicht günstig oder wenn diese Methoden unanwendbar sind, zweckmäfsig den Bären an der Spitze des Pfahls wirken. Man versieht in diesem Falle den Pfahl mit einer schmiedeisernen oder stählernen Spitze, welche an der Wurzel etwas größeren Durchmesser als der Pfahl hat, damit die abgeflachten Muffen an den Verbindungsstellen der Röhren, siehe Fig. 20 auf Taf. XXIII, beim Eindringen weniger Hindernis bieten. Der Bär bewegt sich in dem Innern des hohlen Pfahls, wobei die Wände des letzteren die

<sup>83)</sup> Wochenbl. f. Arch. u. Ing. 1880. S. 68. Mit Abb.

Führung bilden. Zur Vermehrung der Tragfähigkeit solcher Pfähle kann man die in Fig. 22 dargestellte Stützplatte anschrauben, die sich auf das Flussbett oder in der eingegrabenen Tiefe auf das Erdreich legt.

Die Vorteile, welche dieses von Legrand & Suteliff in London angewendete Verfahren bietet, bestehen darin, daß die Pfähle durch grössere Widerstände weniger leicht aus der Richtung kommen, dieselben leichter überwinden und den Boden weniger auflockern, als es bei Schraubenpfählen der Fall ist.

Besonders verwendbar ist dieses Verfahren auch zur Herstellung von Röhrenbrunnen (vergl. Kap. III, § 23), wobei über dem durchlöcherten Teile ein Pfropfen, Fig. 21, welcher mit einem ambosartigen Oberteile die Schläge aufnimmt, eingeschraubt und nach dem Eintreiben wieder ausgeschraubt wird.<sup>84)</sup>

## E. Grundsägen.

§ 57. **Stielsäge.** Das Abschneiden von Pfählen oder Spundbohlen unter Wasser, welches für manche Bauausführungen von Bedeutung ist, wird durch sogenannte „Grundsägen“ bewirkt.

Fig. 19.



In den Fällen, wo es sich nur darum handelt, einzelne nicht weiter zum Tragen bestimmte Pfähle in einer nicht zu grossen Tiefe unter Wasser abzuschneiden, bedient man sich häufig nur eines eingespannten gewöhnlichen Sägeblatts, an welchem eine lange mit einem Handgriff versehene Stange befestigt ist. Diese Säge wird mittels einer Leine unter Wasser bis zur erforderlichen Tiefe herab und mit einer zweiten Leine gegen den abzuschneidenden Pfahl gezogen. Die Arbeit geht allerdings langsam von statten und der Schnitt fällt sehr schräg aus, aber man kann damit doch Pfähle bis zu 1,5 m unter Wasser abschneiden.

Sollen dagegen zum Tragen von Bauwerken oder aus anderen Gründen Pfähle in einer bestimmten Tiefe genau horizontal abgeschnitten werden, so sind dazu besonders konstruierte Sägeapparate zu verwenden. Da bei allen diesen Apparaten eine ganz genaue Führung des Sägeblatts nicht zu erreichen ist und es auf einen feinen Schnitt nicht ankommt, so müssen die Sägeblätter mit recht grossen und stark verschränkten Zähnen versehen werden, um Klemmen in dem Schnitte zu vermeiden.

§ 58. Die **Pendelsäge**, Fig. 19, Taf. XXIII, trägt das Sägeblatt *a* in einem Rahmen eingespannt, der um den Bolzen *b* pendelartig schwingt und mittels der beiden Zugstangen *c* hin und her bewegt wird, wobei man zugleich das Andrücken der Säge an den abzuschneidenden Pfahl durch die beiden Zugstangen *c* bewirkt. Der Schnitt fällt hierbei wegen der pendelartigen Bewegung der Säge hohl aus, was jedoch in manchen Fällen unschädlich ist.<sup>85)</sup>

<sup>84)</sup> Organ f. d. Fortschr. im Eisenbahnw. 1879. Bd. XVI. Ergänzungsheft. S. 284 nach: Engng.

<sup>85)</sup> Becker. Baukunde des Ingenieurs. 1865. Mit Abb.