



UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Universitätsbibliothek Paderborn

Lehrbuch des Hochbaues

Grundbau, Steinkonstruktionen, Holzkonstruktionen, Eisenkonstruktionen ,
Eisenbetonkonstruktionen

Esselborn, Karl

Leipzig, 1908

§ 14. Pfahlrostgründung

[urn:nbn:de:hbz:466:1-50294](https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:hbz:466:1-50294)

Entleerung zur Wiederbenutzung hinaufgezogen werden. Abb. 103⁵³⁾ zeigt einen, aus doppeltem Segelleinen hergestellten Sack, der oben einen eisernen Bügel besitzt, an dem er mittels eines Seils hinabgelassen und wieder heraufgezogen wird, während die mit einer besonders gebildeten Schleife (Abb. 104) versehene Verschnürung beim Entleeren durch Anziehen der Zugleine leicht gelöst werden kann.

c) **Betongründung unter Wasser ohne Umschließungswände.** Muß, wie beispielsweise bei Molenbauten, eine Betonversenkung unter Wasser ohne Umschließung vorgenommen werden, so kann die Betongründung mittels Säcken erfolgen, die aus durchlässigem Stoff hergestellt, mit Beton gefüllt und fest verschlossen neben- und übereinander auf den Baugrund gelegt werden (Abb. 105).⁵⁴⁾ Dabei schmiegen sich die Säcke, solange der Beton noch breiartig ist, dicht aneinander an und der aus dem durchlässigen Gewebe hervordringende Mörtel verbindet sie zu einem einzigen festen Betonblock.

Zwei andere, von dem englischen Ingenieur KINIPPLE angegebene Verfahren bestehen darin, daß man den mit möglichst wenig Wasser hergestellten Beton erst nach Beginn des Abbindens frei durch stehendes Wasser schüttet und ihn nur bei bewegtem durch eine Umhüllung aus Segeltuch bis zu seiner genügenden Erhärtung vor den Angriffen des Wassers schützt.⁵⁵⁾ Oder man versenkt statt des fertigen Betons nur seine im richtigen Verhältnis gemischten Schotter-, Kies- und Sandbestandteile auf den unter Wasser befindlichen Baugrund und verwandelt diese durch ununterbrochene Zuführung flüssigen Zements mittels eiserner Rohre in einen festen, zusammenhängenden Betonkörper.⁵⁶⁾

§ 14. Pfahlrostgründung. Der zu den Tiefgründungen (vgl. § 8, S. 21) gehörende Pfahlrost besteht aus eingerammten Rostpfählen, die entweder, bis in den festen Untergrund reichend, auf diesen die Last des Bauwerks unmittelbar übertragen oder, bei zu großer Tiefenlage der tragfähigen Schichten, nur durch die Verdichtung des Bodens und durch dessen Reibung an ihren Umfangsflächen die erforderliche Standfestigkeit erhalten. Die eingerammten Pfähle, aus Holz, Beton oder Eisenbeton hergestellt, tragen die das Grundmauerwerk aufnehmende Rostdecke, die aus einem dem Schwellrost (vgl. § 10, b) ähnlichen Holzrost, einer Betondecke oder, bei Verwendung von Beton- oder Eisenbetonpfählen, einer Eisenbetonplatte bestehen kann.

Erhebt sich, wie dies bei Hochbauten meistens der Fall ist, der dann auf sog. Grundpfählen stehende, gewöhnlich innerhalb einer wasserfreien Baugrube hergestellte Pfahlrost nur wenig über die Baugrubensohle, so wird er tiefer oder tiefliegender Pfahlrost (vgl. Abb. 151), dagegen hoher oder hochliegender Pfahlrost (vgl. Abb. 156) genannt, wenn zur Ersparung an Mauerwerk die, in diesem Fall Langpfähle

Abb. 103 u. 104.
Betonsack.

Abb. 103. Ansicht.

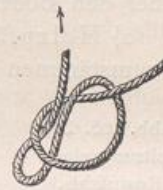
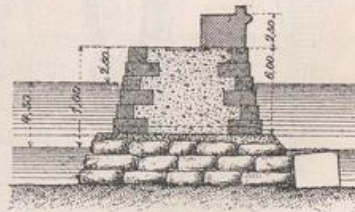


Abb. 104. Schleife.

Abb. 105. Betongründung in Säcken.
M. 1 : 500.

⁵³⁾ H. WOLFFRAM, »Der Hafenerweiterungs-, Schleusen- und Kanalbau bei Oberlahnstein« in der Zeitschr. f. Bauw. 1886, S. 509 u. Bl. 62.

⁵⁴⁾ »Verbesserung des Hafens von Bilbao« im Zentralbl. d. Bauverw. 1889, S. 338.

⁵⁵⁾ ENGELS, »Unterseeische Bauausführungen aus Beton« im Zentralbl. d. Bauverw. 1888, S. 196.

⁵⁶⁾ F. EISELEN, »Ausführung von Gründungen unter Wasser mit Hilfe von Zementeinpressung« in der Deutschen Bauz. 1894, S. 349 ff.

Esselborn, Hochbau. I. Bd.

heißenden Rostpfähle einen beträchtlichen Teil ihrer Länge über den Boden hervorragen. Holzpfahlroste müssen stets unter Niedrigwasser liegen, während Betonpfahlroste und Eisenbeton-Pfahlroste von dem Wasserstand völlig unabhängig sind.

a) **Rostpfähle** werden, weil sie auf Knickfestigkeit beansprucht sind, in der Richtung des auf sie wirkenden Druckes, bei Hochbauten daher meistens senkrecht, jedoch für, Dachkonstruktionen tragende Freistützen, für die Widerlager flacher Gewölbe, sowie für Stützmauern der Druckrichtung entsprechend eingerammt.

Die Länge der Pfähle wird, wenn diese bis zu dem vorhandenen festen Untergrund hinabreichen sollen, aus dessen durch Bodenuntersuchungen (vgl. § 3) festgestellten Tiefenlage unter der Rostoberfläche, bei fehlendem festen Baugrund jedoch durch eingerammte Probepfähle ermittelt, mit denen Belastungsversuche anzustellen sind. Müßte die Pfahlänge größer als 12 bis 15 m werden, so sucht man durch eine größere Anzahl einzurammender Pfähle den Boden stärker zu verdichten und dadurch zugleich die von einem Pfahl zu tragende Last zu verringern. Bei dem hochliegenden Pfahlrost wird die Pfahlänge auch dadurch bestimmt, daß die Pfähle so tief einzurammen sind, als sie über den Boden hinausragen.

α) Holzpfähle werden aus geradegewachsenen astfreien, von der Rinde entblößten Baumstämmen hergestellt und erhalten zum bessern Eindringen in den Boden beim

Abb. 106. Zuspitzung eines Rostpfahls.

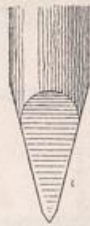
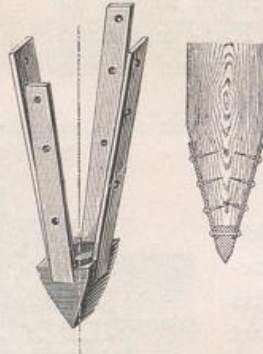


Abb. 107 u. 108. Eiserne Pfahlschuhe.



Rammen bei nachgiebigem Baugrund, wie Lehm-, Ton- oder Sandboden, eine genau in der Pfahlachse liegende drei- oder vierseitige (Abb. 106), etwas abgestumpfte Spitze, deren Länge gleich dem $1\frac{1}{2}$ bis $2\frac{1}{2}$ fachen des Pfahldurchmessers ist. Die dreiseitige Spitze verhindert besser das Drehen des Pfahls, während die vierseitige sein Eindringen in den Boden erleichtert.

Bei festem und namentlich steinigem Baugrund müssen die Pfähle mit aufgenagelten eisernen Pfahlschuhen versehen werden, die aus einer gußeisernen Spitze bestehen, die um vier schmiedeeiserne Bänder gegossen ist (Abb. 107) oder an die diese Bänder angenietet sind (Abb. 108) und auf deren

innern Kern der Pfahl mit abgestumpfter Spitze fest aufsitzen muß. Seltener kommen ganz aus Gußeisen bestehende Pfahlschuhe in Form hohler Kegel, die durch Dorne mit den Pfählen verbunden werden, zur Anwendung.

Zu den Grundpfählen verwendet man am besten frisch gefälltes, sich weniger leicht als trocknes Holz spaltendes Kiefern-, Buchen- und Ellernholz, während aus Eichenholz nur solche Langpfähle hergestellt werden, die abwechselnd der Einwirkung des Wassers und der Luft ausgesetzt sind. Tannen- und Fichtenholz sind nicht so empfehlenswert wie namentlich das Kiefernholz.

Damit der Pfahlkopf beim Einrammen nicht zersplittert, muß er, nachdem er genau senkrecht abgeschnitten und an den Kanten abgefast wurde, mit einem geschmiedeten, etwa 25 mm starken und 60 mm hohen, am besten warm aufzutreibenden Pfahlring versehen werden. Wird nach längerem Rammen das Holz des Pfahlkopfs schwammig und büstenartig, wodurch eine Abschwächung der Rammschläge eintritt, so ist der zerstörte Teil abzuschneiden und ein neuer Kopf anzuarbeiten.

Wenn zur Erreichung des festen Baugrunds die Länge der Rostpfähle nicht genügt, so muß ein, deren Tragfähigkeit jedoch vermindertes Aufpfropfen der Pfähle vorgenommen werden, das deshalb, besonders bei mehreren nebeneinander stehenden Pfählen

zu vermeiden ist. Das Aufpfropfen erfolgt am besten dadurch, daß beide Hölzer stumpf gegeneinander gestoßen und durch angenagelte eiserne Bänder (Abb. 109) oder durch einen Dorn im Innern und umgelegte Eisenringe (Abb. 110) gegen eine Verschiebung gesichert werden. Auch kann man an der Aufpfropfungsstelle einen gußeisernen Schuh (Abb. 111) einlegen.

Die mittlere, von der Pfahllänge abhängende Stärke der Rostpfähle soll nach PERRONET für Langpfähle von 5 bis 6 m Länge zu 27 cm angenommen und für jedes Meter Mehrlänge um 28 mm vergrößert werden, während für 3 bis 4 m lange Grundpfähle ein mittlerer Durchmesser von 24 cm und für jedes Meter Mehrlänge eine Verstärkung von 14 mm genügt. Hiernach würde ein Langpfahl von 10 m Länge einen mittlern Durchmesser von 38 bis 41 cm, ein 10 m langer Grundpfahl dagegen eine mittlere Stärke von 32 bis 34 cm besitzen müssen.

β) Eiserne Schraubenpfähle, in der ersten Zeit aus Gußeisen, jetzt aus Schmiedeeisen hergestellt, sind dauerhafter als Holzpfähle, nicht wie diese den Zerstörungen der

Abb. 109 bis 111. Aufpfropfungen.
 Abb. 109. Mittels Bändern. Abb. 110. Mittels Dorns. Abb. 111. Mittels Schuhs.

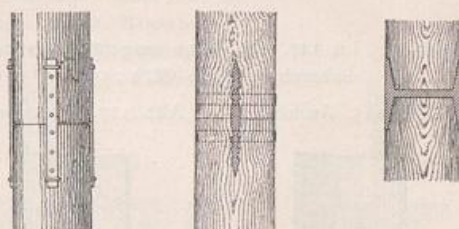


Abb. 112 u. 113. Geschmiedete Pfahlschraube. M. 1 : 20.

Abb. 112. Ansicht.

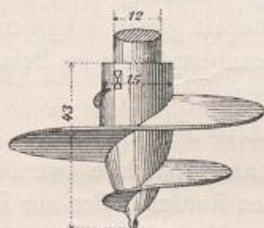


Abb. 113. Grundriß.

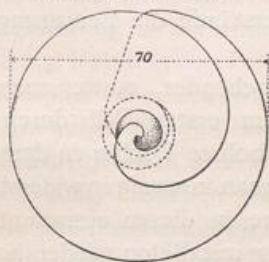
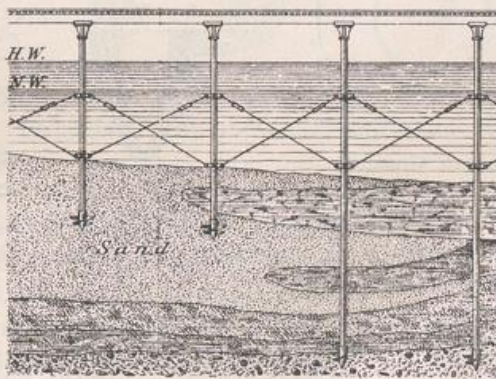


Abb. 114. Landungssteg auf Schraubenpfählen. M. 1 : 400.



Bohrwürmer ausgesetzt und bedürfen keiner Rücksichtnahme auf wechselnde Wasserstände. Sie werden, unten mit gußeisernen oder geschmiedeten, sowohl zum Einschrauben als auch zum Tragen dienenden und deshalb Durchmesser von oft über 1 m besitzenden Pfahlschrauben (Abb. 112 u. 113)⁵⁷⁾ versehen, bei Landungsbrücken (Abb. 114),⁵⁸⁾ kleinern Leuchttürmen, Badeanstalten und dgl. verwendet.

⁵⁷⁾ Verwendet bei einem Viadukt der Eisenbahn von La Guaria nach Caracas in Venezuela.

⁵⁸⁾ F. HEINZERLING, »Bau der Landungsbrücke bei Lewes in den Vereinigten Staaten von Nordamerika« in der Deutschen Bauz. 1874, S. 197.

Die Schraubenpfähle, die für Hochbauten selten Verwendung finden, lassen sich in nicht zu zähe Schichten gut einschrauben und besitzen bei vollen Pfählen bis zu 10 m Länge einen Durchmesser von 12 bis 15 cm, bei größeren Längen bis 15 m eine Stärke bis 20 cm. Ihre Tragfähigkeit kann zu 45 kg für 1 qcm Pfahlkopffläche oder zu 12 kg für 1 qcm Stützfläche angenommen werden.⁵⁹⁾

Auch rohrförmige Schraubenpfähle aus Gußeisen, die nachträglich mit Beton ausgefüllt und deren einzelne Teile mittels Flanschen zusammengeschrubt wurden,

kamen mit unten angegossener Schraube zur Verwendung (Abb. 115 bis 117).⁶⁰⁾

Abb. 115 bis 117. Mit Beton ausgefüllte eiserne Schraubenpfähle. M. 1 : 55.

Abb. 115. Ansicht.

Abb. 117. Querschnitt.

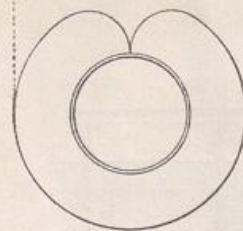
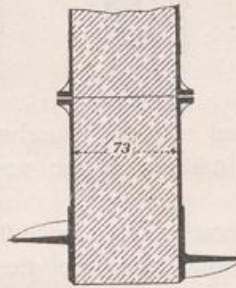
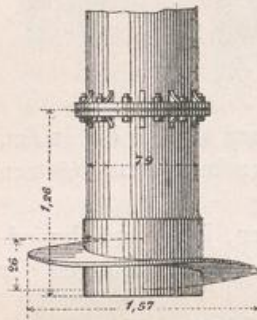
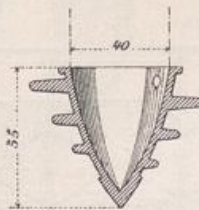


Abb. 116. Grundriß.

Abb. 118. Gußeiserner Schraubenschuh für Holzpfähle. M. 1 : 30.



Bei Pfahlrosten wird man Schraubenpfähle nur da anwenden, wo das Einrammen von Holzpfählen aus irgendeinem Grund unterlassen werden muß und wo das Einspülen der Pfähle (vgl. § 14, d) ebenfalls nicht möglich ist. Dabei können auch Holzpfähle mit Schraubenschuhen aus Gußeisen (Abb. 118),⁶¹⁾ in denen das Pfahlende befestigt wird, versehen werden.

Die Tragfähigkeit der Schraubenpfähle hängt weniger von der Tiefe ihres Eindringens in den Boden, als hauptsächlich von dessen Tragfähigkeit ab. Sei die Grundfläche der Schraube gleich F qcm und die zulässige Belastung (vgl. § 4) der betreffenden Bodenart gleich σ kg/qcm, so vermag der Schraubenpfahl eine Belastung L in kg zu tragen:

$$L = F \cdot \sigma. \quad (11)$$

γ) Betonstampfpfähle werden in neuerer Zeit neben Rammpfählen aus Eisenbeton ihrer leichten Herstellung, Dauerhaftigkeit

und verhältnismäßigen Billigkeit wegen als Ersatz der eisernen, sowie der hölzernen Pfähle namentlich da verwendet, wo stark wechselnde Wasserstände die Benutzung von Holzpfählen nicht gestatten.

Die Betonstampfpfähle können ohne oder mit vorübergehender, sowie auch mit bleibender Ummantelung ausgeführt werden, indem man im ersten Fall durch eingerammte und wieder herausgezogene Pfähle oder durch Fallbohrer Löcher in dem Baugrund herstellt und diese mit Beton ausstampft, oder indem man in weniger widerstandsfähigem, leicht wieder zusammenfließendem Boden Eisenrohre in diesen einrammt und dann entweder absatzweise unter fortwährender Ausstampfung mit Beton wieder herauszieht oder sie auch zum Schutz der Betonpfähle im Boden stecken läßt.

In ziemlich festem, trockenem Boden kann ein, oben mit widerstandsfähigem Kopf und unten mit einer Stahlspitze versehenes Eisenrohr (Abb. 119)⁶²⁾ in den Boden ein-

⁵⁹⁾ »Handbuch der Architektur«, 3. Aufl. 1901, 3. Teil, 1. Bd., S. 368.

⁶⁰⁾ Verwendet bei der ostpreußischen Südbahn.

⁶¹⁾ E. STUERTZ, »Reiseskizzen aus Holland, Belgien und England« in der Deutschen Bauz. 1870, S. 255 f.

⁶²⁾ Die Abb. 119 bis 122, sowie 127 u. 128, sind dem »Handb. d. Ing.-Wissensch.«, 4. Aufl. 1906, 1. Teil, 3. Bd., Kap. I: »Der Grundbau«, bearbeitet von Prof. L. VON WILLMANN, entnommen.

gerammt und dann wieder herausgezogen werden, worauf die verbleibende Höhlung mit Beton ausgestampft wird (Abb. 120). Der Durchmesser der Stahlspitze ist etwas größer als derjenige des Eisenrohrs, damit sich dieses zur Fertigstellung der Betonpfähle, die in Amerika Simplexpfähle genannt werden, leichter herausziehen läßt.

Ist dagegen der Boden weich und sumpfig, so verwendet man statt der mit dem Rohr fest verbundenen Stahlspitze Betonspitzen mit Metalleinlagen, die nur mit einem Falz in das Eisenrohr eingreifen und bei dessen Herausziehen unter dem herzustellenden Betonpfahl stecken bleiben. Damit sich hierbei das mit Beton auszustampfende Loch nicht mit dem zusammenfließenden Boden füllt, wird das Rohr nur absatzweise um die Höhe einer einzubringenden Betonschicht hochgezogen (Abb. 121).

Sind Betonstampfpfähle unter Wasser herzustellen oder sollen sie über den Wasserspiegel hinausragen, so wird das später wieder herausziehende Rammrohr noch mit einem äußern, bis über die Wasseroberfläche reichenden Blechmantel umgeben, in dessen Schutz das Einstampfen des Betons bis zur gewünschten Höhe erfolgen kann und der nach Herstellung des Betonpfahls, wenn dieser nicht über den Erdboden hervorragen soll, ebenfalls herausgezogen wird, dagegen dem Betonpfahl als Schutzhülle verbleibt, wenn dieser bis über den Wasserspiegel reichen muß.

Die in bleibender Ummantelung ausgeführten, für größere Tiefen verwendbaren Raymondpfähle werden dadurch hergestellt, daß kegelförmig sich verjüngende, fernrohrartig ineinander steckende 2,5 m lange Rohrteile aus Eisenblech, deren unterster mit einer stumpfen Gußstahlspitze versehen ist, in den Boden eingetrieben werden und, mit Beton ausgefüllt, den herzustellenden Betonpfahl liefern (Abb. 122).

ò) Rammfähle aus Eisenbeton, die besonders sorgfältig herzustellen sind, bestehen aus einem mit Beton umstempelten Eisengerippe, das meistens nach HENNEBIQUE aus der Länge nach durchlaufenden Rundeisen besteht, die in Abständen von 20 bis 30 cm durch Ankerschlingen aus Eisendraht zusammengehalten werden und am untern Pfahlende zu einer Spitze zusammenlaufen (Abb. 123 bis 126).⁶³⁾

Das Umstampfen des Eisengerippes mit Beton erfolgt in aus Brettern hergestellten Formen am besten in der Längsrichtung des Pfahls, dessen Kopf beim Einrammen durch eine Rammhaube geschützt wird. Diese

Abb. 119 u. 120. Herstellung eines Beton-Stampfpfahls in festem Boden.

Abb. 119. Eingerammtes Rohr.
Abb. 120. Mit Beton ausgestampfte Höhlung.

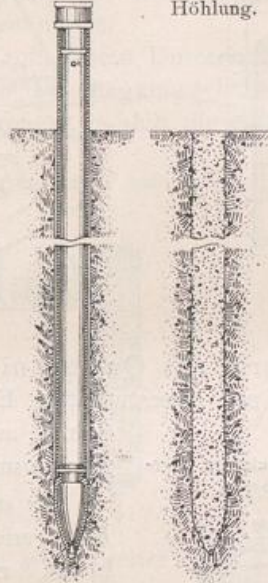


Abb. 121. Herstellung eines Beton-Stampfpfahls in weichem Boden.

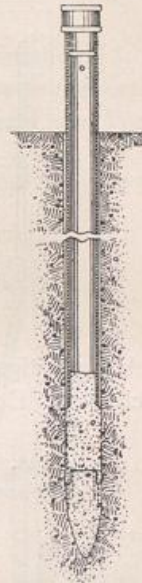
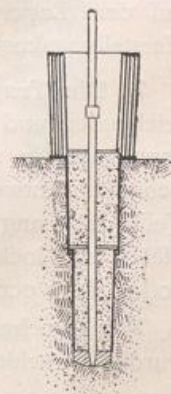


Abb. 122. Zum Teil hergestellter Raymond-Pfahl.



⁶³⁾ »Betonisenpfähle unter Grundmauern« im Zentralbl. d. Bauverw. 1902, S. 560.

kann in verschiedener Weise z. B. als Metallkappe ausgebildet werden, innerhalb der sich eine den verjüngten Pfahlkopf überdeckende und umgebende, einige Zentimeter hohe Schicht von Sand oder Sägespänen befindet. Soll der Pfahl mittels Wasserspülung (vgl. § 14, d) eingetrieben werden, so erhält seine Spitze ein Loch zur Einführung des Wasserrohrs.

Abb. 123 bis 126. Rammfahl aus Eisenbeton.

Abb. 123. Pfahlkopf.

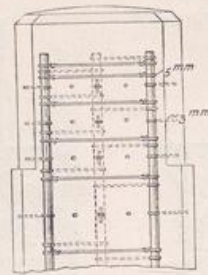
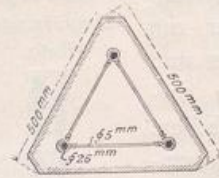
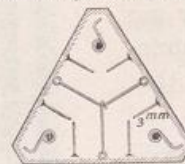
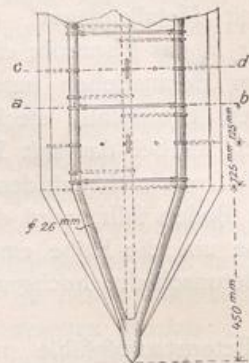
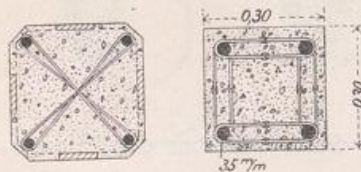
Abb. 124. Schnitt *ab*.Abb. 125. Schnitt *cd*.

Abb. 126. Pfahlspitze.



Als günstigste Form des Querschnitts der Eisenbeton-Pfähle hat sich das gleichseitige Dreieck mit abgestumpften Ecken (vgl. Abb. 124 u. 125) ergeben; doch kommt auch vielfach der quadratische Querschnitt zur Ausführung (Abb. 127 u. 128).

Abb. 127 u. 128. Querschnitte vierseitiger Eisenbeton-Pfähle.



Die in den Abb. 123 bis 126 abgebildeten, beim Amtsgerichts-Gebäude Wedding in Berlin angewendeten, bis zu 8 m langen Eisenbetonpfähle wurden aus bestem Portland-Zement und reinem, scharfem Flußkies von mittlerer Größe im Verhältnis von 1 : 3 hergestellt, wobei das Einstampfen der sorgfältig gemischten Betonmasse in 20 cm hohen Schichten erfolgte. Die fertigen Pfähle wurden unter ständiger Anfeuchtung 7—8 Tage in der Form gelassen, dann außerhalb dieser noch weitere 8—10 Tage fortwährend angefeuchtet und hierauf 4 Wochen lang auf dem Lagerplatz erhärten lassen, ehe sie zur Verwendung kamen. Die Gesamt-Herstellungskosten betragen etwa 10 M für das Meter Pfahllänge.

b) Die Tragfähigkeit eingerammter Pfähle.⁶⁴⁾ Die bis in den festen Untergrund reichenden und somit auf diesen die Last des Bauwerks unmittelbar übertragenden Pfähle kann man je nach der Beschaffenheit der den tragfähigen Baugrund überlagernden Schichten entweder nur auf Druck oder, wie die über den Erdboden hinausreichenden Teile der Langpfähle, auf Knicken berechnen. Die zulässige Belastung darf für lange Pfähle und lockern Boden zu 20 kg, für kurze Pfähle und weniger lockern Boden zu 40 kg für 1 qcm Pfahlkopffläche angenommen werden.⁶⁵⁾

Zur Berechnung der Pfähle, die nicht bis zum festen Untergrund eingetrieben werden, wurden verschiedene Formeln aufgestellt, die aus dem Maß des Eindringens der Pfähle

⁶⁴⁾ Vgl. auch BUBENDEY, »Die Tragfähigkeit gerammter Pfähle« im Zentralbl. d. Bauverw. 1896, S. 533 f. u. 545 ff.

⁶⁵⁾ »Handbuch der Architektur«, 3. Aufl. 1901, 3. Teil, 1. Bd., S. 371.

unter den letzten Schlägen des Rammbaren die Tragfähigkeit berechnen lassen und von denen diejenige von BRIX z. B. lautet:

$$L = \frac{h \cdot P^2 \cdot Q}{e(P+Q)^2} \quad (12)$$

In dieser Formel bedeutet L die rechnerisch von dem Pfahl zu tragende Last, h die Fallhöhe des Rammbaren in mm, P dessen Gewicht in kg, Q dasjenige des Pfahls und e die Anzahl der mm, um die der Pfahl unter dem letzten Schlag eingedrungen ist. Da die Größen h , P und Q bekannt sind, so kann, nachdem die Größe e des letzten Eindringens beobachtet wurde, die Tragfähigkeit L des Pfahls berechnet werden. Doch wird diese nicht voll ausgenutzt, sondern die zulässige Belastung gewöhnlich nur gleich einem Viertel der berechneten Tragkraft angenommen.

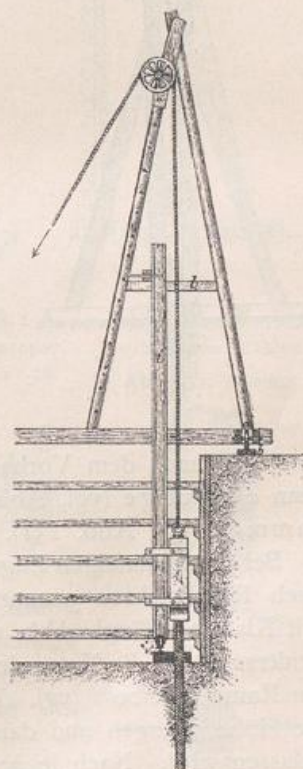
Da aber die Tragfähigkeit der nicht bis zum festen Untergrund reichenden Pfähle, besonders bei Ton- und Lehmboden, mit dem Feuchtigkeitsgehalt der sie umgebenden Schichten sich erheblich ändern kann, so empfiehlt es sich, die auf rechnerischem Wege gefundenen Belastungswerte mit Erfahrungsergebnissen zu vergleichen, oder, bei deren Fehlen, mit eingeschlagenen Probepfählen⁶⁶⁾ Belastungsversuche anzustellen. Hierbei werden gewöhnlich vier, in die Ecken eines Quadrats oder Rechtecks gestellte Pfähle mit einem Holzboden überdeckt, der mit alten Eisenbahnschienen gleichmäßig so lange belastet wird, bis ein Einsinken der Pfähle zu beobachten ist.

c) Das Einrammen der Pfähle erfolgt meistens mit dem Zopfende, d. h. Wipfelende nach unten, weil dann der Pfahl, nach oben breiter werdend, eine größere Tragfähigkeit besitzt und weil das stärkere Stammende den Schlägen des Rammbaren besser widerstehen kann. Das Eintreiben der Pfähle geschieht bei trocken gelegter Baugrube von deren Boden, sonst von festen oder schwimmenden Gerüsten aus; die letztern werden aus durch Balken zusammengekuppelten Kähen gebildet.

Zum Eintreiben von Langpfählen stellt man zur Vermeidung hoher Gerüste die Rammen oft auf Böcke, während beim Absenken von Grundpfählen, um nicht einen die Wirkung des Rammens beeinträchtigenden, Rammknecht oder Jungfer genannten Aufsetzer (Abb. 129)⁶⁷⁾ benutzen zu müssen, die Rammen möglichst tief zu stellen sind. In engen, tiefen Baugruben ist deshalb die Verwendung von Tiefrahmen (Abb. 130) empfehlenswert, bei denen die Läuferrollen bis auf die Baugrubensohle reichen, während die Rammstube auf Bodenhöhe liegt.

Bei umfangreichern Rammarbeiten ist ein, die Stellung und die Nummern der einzelnen Pfähle angegebender Pfahlriß anzufertigen, sowie ein Rammverzeichnis zu führen, das

Abb. 129. Aufsetzer. Abb. 130. Einläufige Tieframme.



⁶⁶⁾ FÜLSCHER, »Der Bau des Kaiser Wilhelm-Kanals« in der Zeitschr. f. Bauw. 1897, S. 526.

⁶⁷⁾ Die Abb. 129 bis 136, sowie 141 bis 145 sind nach dem »Handb. d. Ing.-Wissensch.«, 2. Aufl. 1897, 4. Bd., Kap. III: »Rammen und zugehörige Hilfsmaschinen«, bearbeitet von Bauinspektor R. GRAEPFEL und Baumeister M. VALENTIN, hergestellt.

die Nummer, Länge und Stärke eines jeden Pfahls, die Art der Ramme, Gewicht und Fallhöhe des Rammbaren, die Größe des Eindringens der Pfähle während der letzten Schläge, sowie den Tag deren Einrammens und die Arbeiterzahl enthält. Zum Eintreiben der Pfähle werden hauptsächlich folgende Rammvorrichtungen verwendet: Zugrammen, Kunstrammen, Wipprammen und Dampfammen.

a) Die Zug- oder Lauframme, deren Hubhöhe nur 1,2 bis 1,6 m beträgt, besteht aus einem in der Ebene der auch Rammboden genannten Rammstube liegenden viereckigen oder, bei der zum Rammen in den Ecken der Baugrube dienenden Winkelramme, dreieckigen Schwellwerk *a*, auf dem die durch Streben *g* und *h* (Abb. 131 u. 132) gestützten, zur Führung des Rammbaren dienenden Läuferfutren eingezapft

Abb. 131 u. 132. Zweiläufige Zugramme.

Abb. 131. Vorderansicht. Abb. 132. Seitenansicht.

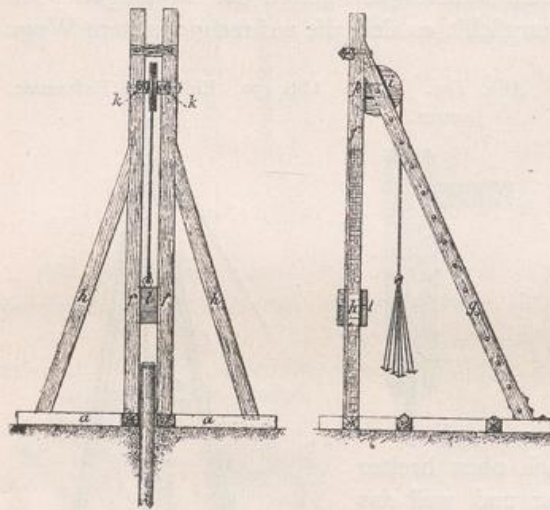
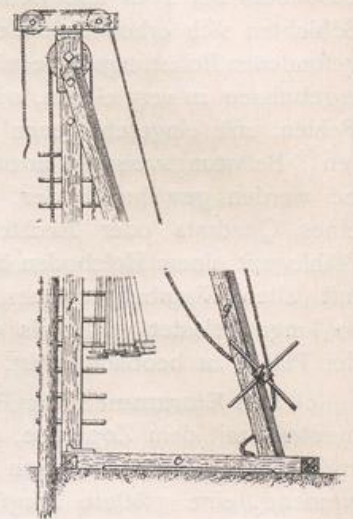


Abb. 133. Einläufige Zugramme.

M. 1:150.



sind. Je nach dem Vorhandensein von nur einer oder zwei Läuferfutren unterscheidet man einläufige (vgl. Abb. 130 u. 133) und zweiläufige oder doppelläufige Zugrammen (vgl. Abb. 131).

Bei der einläufigen Zugramme umfaßt der aus Eichenholz oder Gußeisen bestehende, auch Rammklotz genannte und 200 bis 600 kg schwere Rammbar die Läuferfute mit Klammern (vgl. Abb. 130), während er bei der doppelläufigen Ramme mit Federn beiderseitig in die Nuten der Läuferfutren eingreift (vgl. Abb. 131) und mittels eines über die Rammscheibe *i* (vgl. Abb. 132) führenden Seils an Knebeln durch die Arbeiter in die Höhe gezogen und dann auf den zwischen den Läuferfutren stehenden Pfahl fallen gelassen wird. Nach je 20 bis 30 ununterbrochenen, eine Hitze genannten Schlägen muß eine Ruhepause von 2 bis 3 Minuten für die Arbeiter eintreten, deren Zahl so zu bestimmen ist, daß auf je 100 kg Bärge wicht 6 Mann kommen.

Zur Erleichterung des Einsetzens der Pfähle befindet sich bei den einläufigen Zugrammen oben ein wagerechtes, Trietzkopf genanntes Holz mit zwei Rollen (vgl. Abb. 133), über die das an einem Haspel befestigte, zum Aufrichten der Pfähle dienende Seil läuft.

3) Die Kunstrammen (Abb. 134 u. 135), die dasselbe Rammgerüst, jedoch eine größere Hubhöhe wie die Zugrammen besitzen, demgemäß eine kräftigere Wirkung wie diese hervorbringen und deshalb nur bei stärkern Pfählen verwendet werden können, unterscheiden sich von den Zugrammen dadurch, daß bei ihnen der an einem Seil oder

an einer Kette mittels einer von vier Arbeitern oder durch Dampfkraft, Wasserdruck oder Elektrizität betriebenen Winde hochgezogene Rammbar in einer beliebig einzustellenden Höhe selbsttätig gelöst wird und, nur durch die Läuferuten geführt, frei herabfällt.

Zu diesem Zweck erfolgt die Verbindung der Windekette mit dem 600 bis 1000 kg schweren Rammbar durch einen Schnepfer, d. h. einen mit Gegenarm versehenen Hebel oder einen scherenartigen Doppelhaken (Abb. 136), dessen Drehpunkt in dem auch Katze genannten Fallblock liegt, der nach Auslösung des Bären durch sein Gewicht die Kette bzw. das Seil mit herunterzieht. Stößt nun dieser Schnepfer in der gewünschten Fallhöhe an einen Dorn an, oder wird er durch eine daselbst befindliche Verengung der Laufrinne zusammengedrückt, so lassen die Haken den Rammbar los, um ihn, unten angekommen, selbsttätig wieder zu fassen.

γ) Die Wippramme, eine Art Kunstramme, besteht aus einem ungleicharmigen Hebel, dessen zu seiner Lagerung erforderliches Rahmwerk an dem einzurammenden Pfahl befestigt ist und diesen dadurch in vorteilhafter Weise fortwährend belastet. Ziehen nun die Arbeiter, wie bei der Zugramme, mittels Knebeln an dem hintern Ende des Wippbaumes, so hebt dessen anderes Ende den zwischen Läuferuten geführten und an einer kurzen, mit Schnepfer versehenen Kette hängenden Rammbar in die Höhe, der in etwa 1,6 m Hubhöhe selbsttätig auf den Pfahlkopf herabfällt.

δ) Die Dampfrahmen,⁶⁸⁾ am besten mit unmittelbarer Dampfwirkung, haben den Vorteil, daß die Aufeinanderfolge der Schläge — 30 in einer Minute — eine raschere ist als bei den Zug- und Kunstrammen, sowie daß der Pfahl mit dem zur Bewegung des Rammbaren dienenden Kolben dauernd belastet ist.

d) Das Einspülen der Pfähle,⁶⁹⁾ das bei Sandboden mit Vorteil angewendet wird, besteht darin, daß durch eiserne, an den Außenseiten der Pfähle angebrachte Rohre (Abb. 137 u. 138) von 3 bis 6 cm Durchmesser mittels einer Pumpe oder städtischen Wasserleitung Druckwasser nach dem Fuß des einzutreibenden Pfahls geleitet wird, das den Boden daselbst so lockert, daß schon das Eigengewicht der Pfähle oder eine geringe Belastung jene einsinken läßt.

Abb. 134 u. 135. Kunstramme. M. 1:125.

Abb. 134. Vorderansicht. Abb. 135. Seitenansicht.

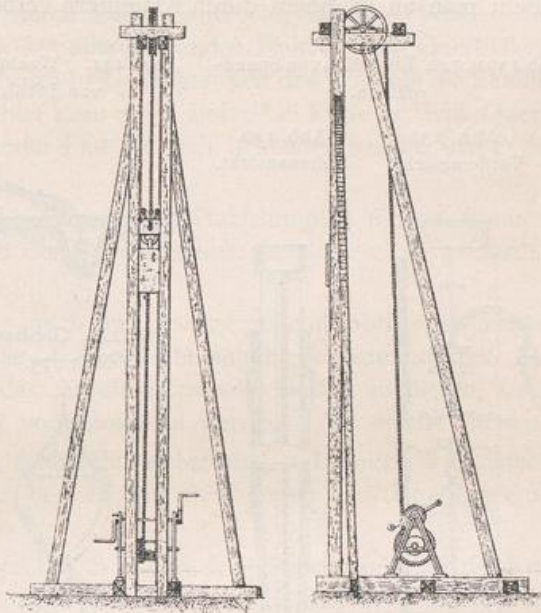
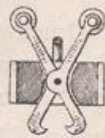
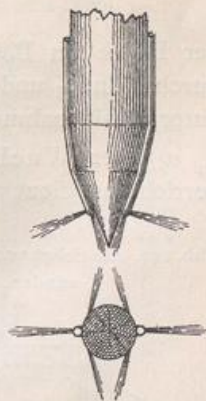
Abb. 136.
Schnepfer.
M. 1:50.Abb. 137 u. 138. Einspülen von Pfählen.
Abb. 137. Ansicht.

Abb. 138. Grundriß.

⁶⁸⁾ Näheres siehe im »Handb. d. Ing.-Wissensch.«, 2. Aufl. 1897, 4. Bd., Kap. III: »Rammen u. zugehörige Hilfsmaschinen«, S. 250—278.

⁶⁹⁾ Vgl. auch B. WIECK, »Über das Einsenken hölzerner Brückenpfähle mittels Wasserspülung« in der Zeitschr. des Arch.- u. Ing.-Ver. zu Hannover 1879, S. 45 ff.

Damit die Wasserspülung gleichmäßig um die Spitze des Pfahls erfolgt und dadurch dessen seitliches Ausweichen aus seiner Achsenrichtung vermieden wird, leitet man entweder das untere Ende des Druckwasserrohrs unter die Pfahlspitze oder befestigt mehrere Rohre symmetrisch zur Achse an dem abzusenkenden Pfahl.

Auch zum Eintreiben von Spundpfählen hat man die Wasserspülung benutzt, indem man an je einem durch Klammern verbundenen Pfahlpaar beiderseits ein eisernes,

Abb. 139 u. 140. Einspülen von Spundpfählen.

Abb. 139.
Vorderansicht.

Abb. 140.
Seitenansicht.

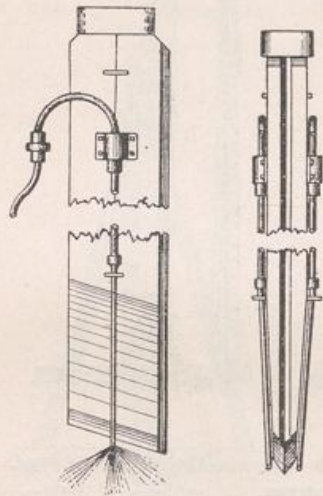


Abb. 141. Wuchtebaum zum Ausziehen von Pfählen. M. 1 : 300.

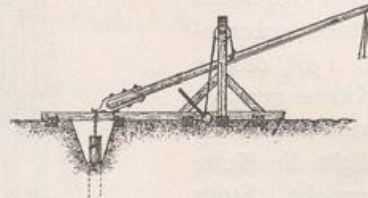


Abb. 142. Greifzange. M. 1 : 75.

Abb. 143. Greifring. M. 1 : 50.



nach dem Absenken wieder herauszuziehendes Rohr (Abb. 139 u. 140)⁷⁰⁾ anbrachte, an dessen oberes umgebogenes Ende der Druckwasserschlauch angeschraubt wurde.

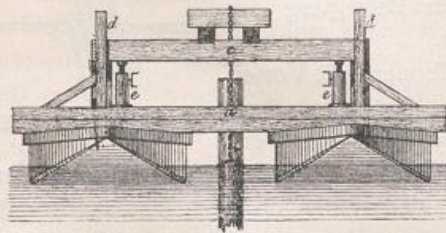
e) Das Ausziehen der Pfähle wird bei zu vorübergehenden Zwecken benutzt und solchen Pfählen erforderlich, die eine fehlerhafte Stellung erhielten oder wegen teilweiser Zerstörung, angetroffener Hindernisse im Boden u. dgl. wieder be-

seitigt werden müssen. Dieses Ausziehen, das meistens durch Zug bzw. Druck bewirkt wird, wobei man neuerdings zur Vermeidung der Reibung

der Pfähle im Boden Druckwasser in diesen einspritzt, erfolgt mit dem Wuchtebaum, durch Winde- und Schraubenvorrichtungen, durch Benutzung des Wasserauftriebs, sowie unter Zuhilfenahme von Sprengmitteln.

a) Der Wuchtebaum (Abb. 141), zu dessen Heben ein Bockgestell mit Windvorrichtung dient, ist ein aus einem starken Balken gebildeter Hebel, an dessen vordem

Abb. 144. Ausziehen von Pfählen mittels Schraubwinden. M. 1 : 100.



Ende mittels einer kurzen Kette und einer Greifzange (Abb. 142) oder eines Greifrings (Abb. 143) der ausziehende Pfahl befestigt wird, während Arbeiter das andere Ende an angebrachten Leinen niederziehen.

β) Windvorrichtungen, als welche die einfache Wagenwinde, die Haspelwinde und andere, durch Verbindung von Haspeln oder Winden mit, an einem über dem ausziehenden Pfahl aufgestellten Bock befestigten Rollen und Flaschenzügen entstehende Vorkehrungen

dienen, werden zum Ausziehen leichter Pfähle benutzt.

⁷⁰⁾ E. LIECKFELDT, »Die Bauausführung der neuen Stadtschleuse in Bromberg« in der Zeitschr. f. Bauw. 1889, S. 510.

γ) Schraubenvorrichtungen kommen bei schwimmenden Rüstungen in der Weise zur Anwendung, daß man die Schrauben *e* (Abb. 144) an einem quer über zwei Schiffe reichenden Träger *c*, an dem die Pfahlkette befestigt ist, angreifen läßt. Statt der Schraubenvorrichtungen können auch hydraulische Pressen verwendet werden.

δ) Der Wasserauftrieb wird zum Ausziehen von Pfählen benutzt, indem man bei der in Abb. 144 dargestellten Anordnung durch Ballast oder eingelassenes Wasser die Schiffe möglichst tief eintauchen läßt, dann den auszuziehenden Pfahl an dem Querbalken befestigt und nun durch Entfernen des Ballastes bzw. Auspumpen des Wassers die Schiffe und mit ihnen den Pfahl hebt. Im Flutgebiet kann auch dieser bei Ebbe an dem Querbalken befestigt werden, worauf bei steigender Flut die sich hebenden Schiffe den Pfahl ausziehen.

ε) Sprengmittel, die namentlich zur Beseitigung von Pfahlstümpfen dienen, können nur da Verwendung finden, wo dadurch in der Nähe stehende Gebäude nicht gefährdet werden.

f) Das Abschneiden der Pfähle, das auch bei vorübergehend nötig gewesen Pfählen, deren Ausziehen örtlicher Verhältnisse wegen nicht angeht, vorkommt, muß bei bleibenden Pfahlrostpfählen, ebenso wie das Anschneiden von Zapfen an diesen, stets unter Wasser mittels sog. Grundsägen⁷⁾ vorgenommen werden. Als solche dienen:

α) Die gerade Säge, die aus einem senkrecht stehenden, auf Rollen auf einem festen Gerüst hin und her bewegten Gatter besteht, an dem unten ein Sägeblatt eingespannt ist.

β) Die Pendelsäge, bei der das Sägeblatt in einem dreieckigen, pendelartig aufgehängten, mittels Seilen und Ketten ebenfalls hin und her bewegten Rahmen eingespannt ist, wird wegen ihres nicht völlig geraden Schnitts mehr zum Abschneiden überflüssiger Pfähle verwendet.

γ) Die Kreissäge (Abb. 145) besteht aus einem Kreissägeblatt, das an einer senkrecht stehenden, durch eine Kurbel mit Zahnradübersetzung in Umdrehung zu versetzenden Welle befestigt ist.

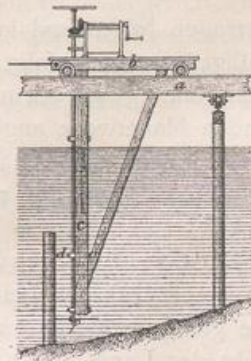
Abb. 145. Kreissäge zum Abschneiden von Pfählen.

M. 1 : 200.

δ) Die Bandsäge, über zwei Rollen gelegt und zwischen diesen hin und her bewegt, ergibt einen sehr geraden Schnitt und wird namentlich zum Anschneiden von Zapfen verwendet.

g) Der tiefliegende Holz-Pfahlrost besteht aus den die Last des Bauwerks auf den tragfähigen Untergrund übertragenden, nur wenig über den Boden hervorragenden Rostpfählen und aus einer, Rostdecke oder Rostbelag genannten, das Fundamentmauerwerk aufnehmenden Zwischenkonstruktion. Bei dem Holz-Pfahlrost wird die Rostdecke, ähnlich wie der Schwellrost (vgl. § 10, b), aus den auf die Pfähle gelegten, Grund- oder Rostschwellen heißen und mindestens 25 cm starken Langschwellen, den darüber aufgebrachten 15/17 bis 15/20 cm starken Querschwellen und dem zwischen diesen letztern und gleichlaufend mit ihnen liegenden, 8 bis 10 cm starken Bohlenbelag gebildet.

Die 20 bis 30 cm starken Rostpfähle sind möglichst der Druckrichtung entsprechend, bei Gebäuden demgemäß senkrecht, bei Widerlagern, Futtermauern u. dgl. dagegen



⁷⁾ Näheres siehe im »Handb. d. Ing.-Wissensch.«, 2. Aufl. 1897, 4. Bd., Kap. III, S. 303—310.

schräg einzurammen (Abb. 146).⁷²⁾ Die Pfahlreihen, die meistens gleichlaufend (Abb. 147 u. 148),⁷³⁾ seltener gegeneinander versetzt (Abb. 149 u. 150) angeordnet werden, haben in der einen Richtung einen Abstand von 0,8 bis 1,2 m, in der andern dagegen einen solchen von 1,0 bis 1,5 m. Damit die äußern Pfahlreihen so viel wie die übrigen

Abb. 146. Schräggehende Rostpfähle.

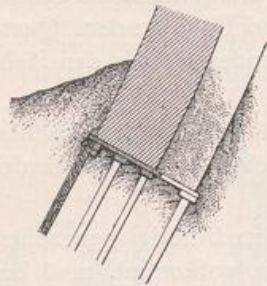


Abb. 147 u. 148. Pfahlrost mit gleichlaufenden Reihen.

Abb. 147. Ansicht.

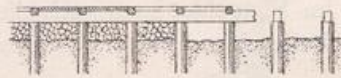


Abb. 148. Grundriß.

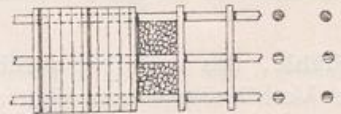


Abb. 149 u. 150. Pfahlrost mit versetzten Reihen.

Abb. 149. Ansicht.

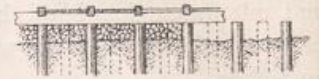


Abb. 150. Grundriß.

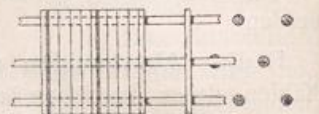
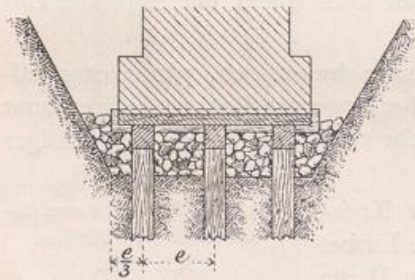


Abb. 151. Tiefliegender Holz-Pfahlrost.
M. 1 : 100.



zu tragen haben und kein ungleichmäßiges Setzen erfolgt, dürfen sie nicht bündig mit dem darüberstehenden Mauerwerk angeordnet werden, sondern sind um etwa 0,2 bis 0,3 m nach innen zu rücken (Abb. 151).⁷⁴⁾

Der Grundriß des Pfahlrostes richtet sich nach demjenigen des darauf zu setzenden Mauerwerks, wobei die Verteilung der Pfähle so geschehen soll, daß jeder Pfahl eine gleich große Last zu tragen hat und daß in jede Ecke, sowie unter jeden Kreuzungspunkt der Lang- und Querschwellen ein Rostpfahl zu stehen kommt. Die Anordnung des Rostes gestaltet sich bei rechteckigen Grundrißformen (Abb. 152 u. 153) am einfachsten, während z. B. bei dem Rost eines Widerlagers mit schrägem Flügel (Abb. 154)

Abb. 152 u. 153. Pfahlrost für ein rechteckiges Gebäude.

Abb. 152. Schnitt a b.

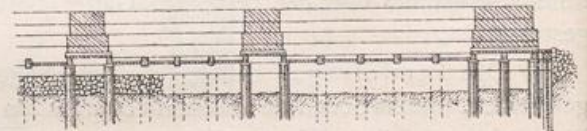
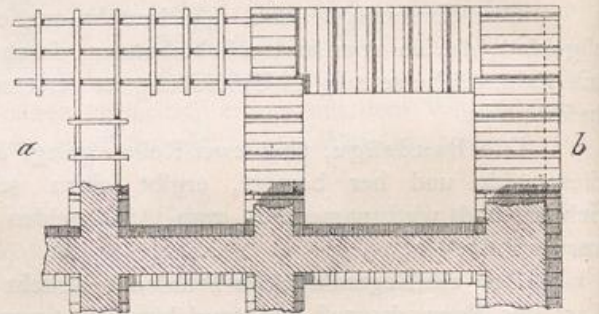


Abb. 153. Grundriß.



⁷²⁾ Die Abb. 146, 154 bis 156, 166 bis 169 u. 172 sind nach dem »Handb. d. Ing.-Wissensch.«, 4. Aufl. 1906, 1. Teil, III. Bd., Kap. I: »Der Grundbau«, hergestellt.

⁷³⁾ Die Abb. 147 bis 150, sowie 152 u. 153 sind nach dem »Aufgaben aus den Gebieten der Baukonstruktions-Elemente« von L. VON WILLMANN, Darmstadt 1882, hergestellt.

⁷⁴⁾ Die Abb. 151 u. 157 sind nach dem »Handbuch der Architektur«, 3. Aufl. 1901, 3. Teil, 1. Bd., 2. Abt.: »Fundamente«, bearb. von Geh. Baurat Prof. Dr. EDUARD SCHMITT, hergestellt.

ein Zusammenschieben und gegenseitiges Verzapfen der Rostschwellen, sowie eine verschieden gerichtete Lage der Querschwellen nötig wird.

Die erforderliche Anzahl der Pfähle, deren Köpfe so tief liegen müssen, daß die hölzerne Rostdecke auch bei einer etwaigen spätern Senkung des Grundwasserspiegels sich noch 0,3 bis 0,5 m unter diesem befindet, berechnet sich aus der Formel

$$n = \frac{L}{F \cdot k}, \quad (13)$$

worin L die Gebäudelast in kg, k die zulässige Belastung der Pfähle (vgl. § 14, b) in kg/qcm und F die Pfahlkopffläche in qcm bedeutet.

Die Verbindung der Langschwellen mit den Pfählen erfolgt entweder mittels 40 cm langer Holzschrauben oder Nägel, am besten jedoch durch etwa 15 cm lange, bis 8 cm breite und im Mittel 10 cm hohe, an den Pfählen anzuschneidende Zapfen, die in entsprechende Zapfenlöcher der Langschwellen eingreifen.

Die Langschwellen, die zur Längsverankerung des ganzen Fundaments gewöhnlich unten und nur bei starkem, ein Ausweichen der Pfähle in der Querrichtung befürchtendem Seitenschub, wie z. B. bei Stützmauern und Widerlagern größerer Gewölbe, auf den dann mit den Pfählen verzapften Querschwellen liegen, bestehen bei größerer Länge aus mehreren Teilen, deren Stöße über einem Pfahl liegen müssen und deren Verbindung wie bei den Langschwellenstößen des Schwellrostes (vgl. Abb. 84 bis 86, S. 26) erfolgt.

Die auch Zangen genannten Querschwellen werden mit den unter ihnen liegenden Langschwellen durch etwa 40 cm lange Nägel oder Holzschrauben, oder durch Verkämmung verbunden, wobei man jedoch die bei Hochbauten wichtigeren Langschwellen nicht ausschneidet. Die Schwellenlagen an Mauerecken und Mauerkreuzungen werden, wie auch der mit hölzernen Nägeln aufzunagelnde Bohlenbelag, wie beim Schwellrost (vgl. § 10, b) angeordnet.

Bei der Ausführung hölzerner Pfahlroste für Hochbauten wird gewöhnlich die Baugrube so tief, wie die Tiefenlage der Keller und diejenige der unter den niedrigsten Wasserstand zu legenden Rostdecke es erfordert, ausgehoben, die Pfähle eingerammt und dann zwischen diesen zur Erleichterung deren Abschneidens und der Herstellung ihrer Zapfen der Boden bis zu 0,5 m Tiefe und mehr ausgehoben. Nach Bearbeitung der Pfahlköpfe wird die aus Sand, Steinen, Mauerwerk oder Beton bestehende Bettung oder Ausfüllung der Rostfache bis zur Höhe der Schwellenunterkante zwischen die Pfähle eingebracht und die Lang- und Querschwellen verlegt, worauf auch die Zwischenräume zwischen diesen mit Bettungsstoff ausgefüllt werden.

Zur Sicherung gegen zu befürchtende Unterspülung des Pfahlrostes dient eine Stein- schüttung oder besser eine Umschließung mit einer Spundwand, die auch seitliche Bewegungen verhindert und während der Rammarbeiten als Fangdamm (vgl. § 6, b)

Abb. 154. Pfahlrost eines Widerlagers mit schrägem Flügel.

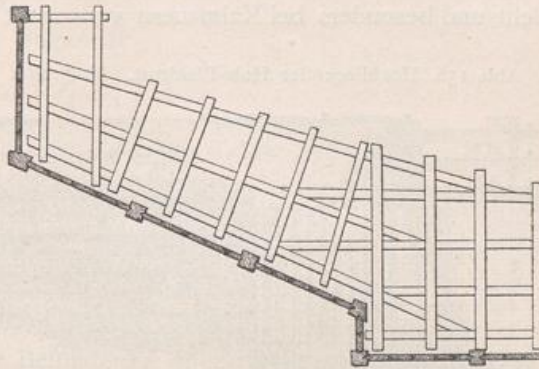


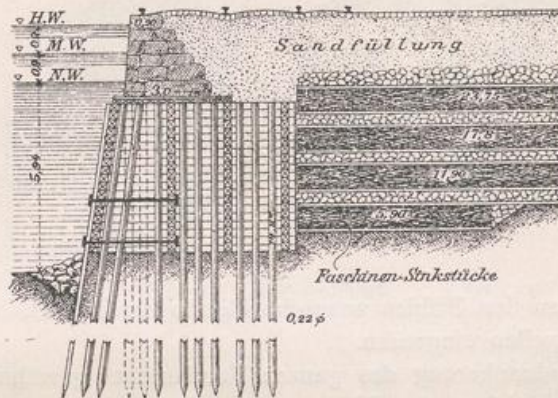
Abb. 155. Pfahlrost mit Spundwandumschließung.



dienen kann, um nach Vollendung der Gründung unter Niedrigwasser abgeschnitten zu werden. Diese Spundwand kann entweder das ganze Fundament (Abb. 155) oder nur dessen, dem Wasserangriff ausgesetzte Seite (vgl. Abb. 154) umschließen, darf aber, wenn ungleichmäßige Senkungen vermieden werden sollen, nicht unter die Rostdecke gesetzt und muß unabhängig von dieser ausgeführt werden.

h) Der hochliegende Pfahlrost, der bis nahe unter den niedrigsten Wasserspiegel reicht und besonders bei Kaimauern verwendet wird, verringert die, von den auf Knicken beanspruchten Pfählen zu tragende

Abb. 156. Hochliegender Holz-Pfahlrost. M. 1:250.



Mauermasse in erheblichem Maße. In ihrer Stellung werden die Pfähle außer durch die Rostdecke noch durch Steinschüttungen, schräg gestellte Pfähle, Verankerungen, durch eine die Pfahlköpfe zusammenhaltende Betondecke, oder durch hölzerne, sog. Steinkasten (Abb. 156) gesichert, die, durch Belastung mit Steinen versenkt, den einzurammenden Pfählen eine sichere Führung und einen guten Halt geben. Zum Schutze gegen die Angriffe des Bohrwurms werden hohe Holzpfahlroste neuerdings mit Eisenbeton-Spund-

bohlen umgeben, die wie die Ramppfähle aus Eisenbeton (vgl. § 14, a, δ) mit eingelegten eisernen Längs- und Querträgern hergestellt werden.

i) Der Betonpfahlrost, der ohne größere Kosten einfacher und rascher als der Holzpfahlrost herzustellen ist, sowie eine aus so vielen verschiedenen Teilen wie die hölzerne Rostdecke bestehende Zwischenkonstruktion nicht erfordert, ist für Hochbauten die empfehlenswerteste Pfahlrostkonstruktion. Seine Ausführung unterscheidet sich von derjenigen des Holzpfahlrostes nur dadurch, daß die eingerammten Pfähle in geringerer, aber in gleicher Höhe über der Baugrubensohle abgeschnitten und dann statt mit einem hölzernen Rost mit einer genügend starken, aber wenigstens 0,7 bis 0,9 m hohen Betonschicht überdeckt werden, in welche die Pfahlköpfe mindestens 15 cm tief hineinragen. Da sich hierbei der mittels Trichter geschüttete Beton weniger gut um die Pfahlköpfe herumlegt,⁷⁵⁾ so wird besser wenigstens die unterste, diese umgebende Betonschicht mittels Kasten oder Säcken (vgl. § 13, b) eingebracht.

Die Stärke der Betonschicht läßt sich unter der Annahme, daß sie wie ein beiderseits eingespannter Balken die ganze Belastung auf zwei benachbarte Pfahlreihen übertragen soll, folgendermaßen berechnet.⁷⁶⁾ Bezeichnet W das Widerstandsmoment des Querschnitts, M das größte Biegemoment und k die zulässige Beanspruchung des Betons, so ist

$$W = \frac{M}{k}. \quad (14)$$

Das größte Biegemoment ist jedoch, wenn p die Belastung für die Flächeneinheit und l die freie Länge des eingespannten Balkens bezeichnet,

$$M = \frac{1}{12} p \cdot l. \quad (15)$$

⁷⁵⁾ B. HARNISCH, »Zur Betongründung der Schleuse am Mühlendamm in Berlin« im Zentralbl. d. Bauverw. 1895, S. 314f.

⁷⁶⁾ Vgl. »Handbuch der Architektur«, 3. Aufl. 1901, 3. Teil, 1. Bd., S. 378f.

Sei die Stärke der Betondecke gleich h , so ist für einen Streifen von der Breite $h = 1$ m

$$W = \frac{1 \cdot h^2}{6}$$

und demgemäß nach Gleichung 14

$$\frac{1 \cdot h^2}{6} = \frac{M}{k},$$

oder für M den Wert aus Gleichung 15 eingesetzt

$$\frac{h^2}{6} = \frac{\frac{1}{12} p \cdot l}{k},$$

woraus sich die gesuchte Stärke der Betonschicht ergibt

$$h = \sqrt{\frac{p \cdot l}{2k}}. \quad (16)$$

Für $k = 1,3 \text{ kg/qcm} = 13000 \text{ kg/qm}$ findet sich

$$h = 0,0062 \sqrt{p \cdot l}. \quad (17)$$

Sei z. B. die größte Belastung p der Betondecke 60000 kg/qm und der Abstand l der Pfahlreihen voneinander $0,87$ m, so berechnet sich nach Formel 17

$$h = 0,0062 \sqrt{60000 \cdot 0,87} = 1,42 \text{ m}.$$

Bei dem Betonpfahlrost, der stets durch Spundwände gegen Unterwaschung zu sichern ist, werden die Pfähle in den verschiedenen Pfahlreihen am besten gegeneinander versetzt (Abb. 157). Soll der Beton-Pfahlrost unter dem ganzen Gebäude durchgehen, so ordnet man die Pfähle unter denjenigen Stellen der Betondecke, die Mauern zu tragen haben, dichter stehend an, als in den übrigen Teilen.

k) Der Eisenbeton-Pfahlrost ist als Ersatz des Holz-Pfahlrostes besonders in den Fällen empfehlenswert, wo ein sehr tiefer oder wechselnder Grundwasserstand es nötig machen würde, mit den Pfahlköpfen auf größere Tiefe hinabzugehen und demgemäß die Baugrube ebenfalls tiefer auszuheben. Auch setzt der Eisenbeton-Pfahlrost infolge der rauhern Außenflächen der Betonpfähle und durch deren innigere Verbindung mit der auf ihnen ruhenden Eisenbetonplatte einem Wasserauftriebe größern Widerstand entgegen. Da ferner der Querschnitt der Betonpfähle größer als derjenige der Holzpfähle angenommen werden kann, so erfordert der tragfähigere Eisenbeton-Pfahlrost weniger Pfähle und demgemäß geringere Rammarbeit.

Kommen einfache Beton-Stampfpfähle (vgl. § 14, a, γ) zur Verwendung, so stampft man in die, 20 bis 30 cm in die Rostdecke eingreifenden Pfahlköpfe Eiseneinlagen ein, die mit denjenigen der Betondecke durch Verankerung verbunden werden. Bei Eisenbetonpfählen (vgl. § 14, a, δ) sind hierzu die aus den Köpfen hervorragenden Eiseneinlagen zu benutzen.

§ 15. Senkbrunnengründung. Die Gründung auf Senkbrunnen, auch Fundamentbrunnen oder Brunnenpfeiler genannt, die da Anwendung findet, wo der gute Baugrund von wenig tragfähigen, durch Verdichtung nicht zu verbessernden Bodenschichten von größerer Mächtigkeit überlagert ist, gleicht der Gründung auf einzelnen

Abb. 157. Beton-Pfahlrost.

