



UNIVERSITÄTS-  
BIBLIOTHEK  
PADERBORN

# **Konstruktions-Elemente in Stein, Holz und Eisen, Fundamente**

**Marx, Erwin**

**Stuttgart, 1901**

1. Kap. Pfahlroftfundamente

---

[urn:nbn:de:hbz:466:1-78727](https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:hbz:466:1-78727)

452.  
Gründung  
auf eisernen  
Pfählen.

Indes werden bei manchen Bauten am und im offenen Wasser, wie z. B. bei Badehäusern, Schwimmanstalten, *Promenade-Piers*, Leuchttürmen, Landungsbrücken etc. auch eiserne Pfähle angewendet, welche in der Regel in den Boden eingeschraubt, feltener eingetrieben werden.

Im vorliegenden Falle sind es meist geschmiedete Eisenstangen von 10 bis 15 cm (selten mehr) Durchmesser, welche unten mit einer sog. Pfahlchraube (Fig. 738) versehen sind; die letztere ist aus Gusseisen hergestellt, hat etwa 1 m Durchmesser und dient nicht nur zum Eindrehen der Pfähle in den Boden, sondern giebt denselben auch eine größere Aufstandfläche, wodurch sie der Belastung besser widerstehen. Die Tragfähigkeit derartiger Schraubenpfähle kann zu 45 kg für 1 qcm Pfahlkopffläche oder zu 12 kg für 1 qcm Stützfläche angenommen werden. Noch feltener kommen bei den im Gebiete der Architektur in Betracht zu ziehenden Bauwerken gusseiserne Röhrenpfähle (Fig. 739) zur Verwendung.

Von den Gründungen auf eisernen Pfählen<sup>253)</sup> wird, in Rücksicht auf die geringe Anwendung derselben im Hochbauwesen, im folgenden weiter nicht die Rede sein.

## I. Kapitel.

### Pfahlrostoffundamente.

453.  
Allgemeines.

Den wesentlichsten Konstruktionsteil eines Pfahlrostoffundaments bilden die hölzernen Pfähle, welche ähnlich wie Säulen oder andere Freistützen den betreffenden Baukörper zu tragen haben. Diese Pfähle ragen entweder gar nicht, bezw. nur mit einem sehr geringen Teile ihrer Länge aus dem Boden hervor, sind also Grundpfähle, und der Pfahlrost wird tiefliegend genannt; oder ein bedeutender Teil der Pfahlänge tritt über dem Boden hervor, es sind demnach Langpfähle vorhanden, und man hat es mit einem hochliegenden Pfahlrost, auch hoher Pfahlrost oder Stelzenfundament genannt, zu thun. (Siehe auch Art. 149, S. 110.)

Im Hochbauwesen kommen fast nur tiefliegende Pfahlroste vor, und im folgenden werden auch nur diese eine eingehende Besprechung erfahren.

Die tiefliegenden Pfahlroste werden in der Regel innerhalb einer wasserfreien Baugrube hergestellt, während die hochliegenden für Gründungen im offenen Wasser Anwendung finden, wobei die Herstellung und Trockenlegung der Baugrube meistens entfällt.

Auf die Pfähle, welche in gleicher Höhe abgesehritten werden, hat man bisweilen unmittelbar das Mauerwerk gesetzt; indes ist dies nur zulässig, wenn die Pfähle sehr nahe aneinander stehen, wenn für die untersten Mauer-schichten große Steine oder Platten zur Verwendung kommen und wenn die Belastung eine geringe ist. Liegen andere Bedingungen vor, so treten im Mauerkörper ungleichmäßige Senkungen ein, welche schädliche Trennungen darin hervorrufen. In den allermeisten Fällen ist deshalb noch eine Zwischenkonstruktion oder Rostdecke erforderlich, die entweder durch einen liegenden Rost oder durch einen Betonkörper gebildet wird. Die erstere Anordnung ist die im Hochbauwesen gewöhnlich vorkommende; Betonpfahlroste haben im Hochbauwesen bisher nur eine beschränkte Anwendung gefunden.

<sup>253)</sup> Aus der Litteratur über eiserne Schraubenpfähle seien hervorgehoben:

HEINZERLING, F. Die Brücken in Eisen. Leipzig 1870. S. 393.

MORANDIÈRE, R. *Traité de la construction des ponts et viaducs.* 1er fasc. Paris 1874. S. 141.

KLASEN, L. Handbuch der Fundirungs-Methoden. Leipzig 1879. S. 120.

Handbuch der Ingenieurwissenschaften. Band 1. Herausgegeben von E. HEUSINGER v. WALDEGG. 2. Aufl. Leipzig 1884. S. 330.

GRANGE, C. *Étude sur l'emploi des pieux métalliques dans les fondations d'ouvrages d'art.* Paris 1892.

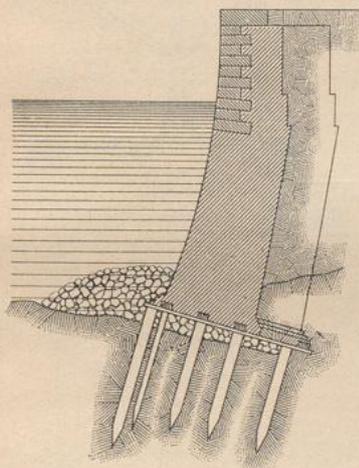
a) Rostpfähle.

Für die Rostpfähle ist vor allem das in Abt. I, Abfchn. 2, Kap. 2, b (Art. 149 bis 153, S. 110 bis 112) über Pfähle Gefagte maßgebend; an dieser Stelle mögen noch die folgenden Betrachtungen Platz finden.

1) Die Pfähle können den betreffenden Baukörper in zweifacher Weise tragen: entweder stehen sie mit ihrer Spitze auf, bezw. zum Teile in der festen, tragfähigen Bodenschicht, übertragen sonach den aufgenommenen Druck unmittelbar auf die letztere; oder sie erhalten in der lockeren Bodenschicht die erforderliche Standfestigkeit im wesentlichen nur durch die Reibung zwischen der Pfahloberfläche und dem sie umgebenden Bodenmaterial<sup>254)</sup>.

Dem in Art. 376 (S. 304) aufgestellten Grundsatze entsprechend, wird die erstgedachte Anordnung der letztangeführten stets vorzuziehen sein; die erstere ist dann mit der im vorhergehenden Abschnitt (Kap. 2, b, 1) vorgeführten Pfeilergründung sehr nahe verwandt, wird auch bisweilen mit derselben vereinigt. Bei größerer

Fig. 740.



Vom Verbindungsdock zu Hull.  
1/200 w. Gr.

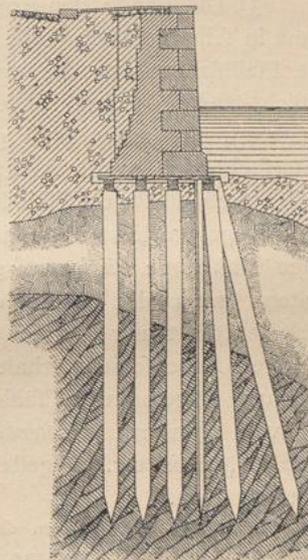
Mächtigkeit der lockeren Bodenschicht kann sich indes eine so bedeutende Pfahlänge ergeben, daß die Gründung viel zu teuer zu stehen käme, wollte man die Pfähle bis auf die tragfähige Schicht einrammen; ja die letztere kann unter Umständen mittels Pfählen gar nicht erreichbar sein.

Dem Tiefbaugeschäft *Max Kühn* in Berlin ist ein Gründungsverfahren<sup>255)</sup> geschützt, bei dem durch gußeiserne, glockenförmig gestaltete »Druckplatten«, welche über die Pfahlköpfe gesetzt

werden, das möglichst gleichmäßige Einsinken des Fundaments erzielt werden soll. Da aber die Voraussetzungen, unter denen letzteres eintreten könnte, sehr schwer zu erreichen sind, wird das betreffende Verfahren nur sehr selten anwendbar sein.

2) Die Pfähle werden auf Knickfestigkeit beansprucht; deshalb ist es am vorteilhaftesten, wenn die Achse der Pfähle in der Richtung des auf sie wirkenden Druckes gelegen ist. Da nun bei den meisten Hochbauten im wesentlichen nur

Fig. 741.



Reefendamm-Quaimauer zu Hamburg. — 3/200 w. Gr.

454-  
Wirksamkeit  
der  
Pfähle.

455-  
Richtung  
der  
Pfähle.

<sup>254)</sup> Wenn man diese Reibung in Rechnung ziehen will, ist zu beachten, daß sie meist im Anfang (unmittelbar nach dem Einrammen der Pfähle) größer ist und später etwas abnimmt. Infolge der Zusammenpressung, welche der Boden beim Einschlagen der Pfähle erfährt, ist die Reibung zunächst ziemlich bedeutend; indes ist dieses Maß nur bei sandigem und ähnlichem Boden von Dauer. Bei anderem Material pflanzt sich der Druck allmählich nach aufsen fort, wodurch nach und nach ein Ausgleich in den Druckverhältnissen der betreffenden Bodenschicht eintritt, sonach die Reibung zwischen Pfählen und Erde vermindert wird. Das Schlagen einer Spundwand kann innerhalb gewisser Grenzen einem solchen Ausgleich entgegenwirken; allein bei besonders lockerem Boden kann auch eine solche Wand in schädlicher Weise beeinflusst werden; es kann ein Schiefstellen derselben eintreten.

<sup>255)</sup> Siehe: Deutsches Bauwksbl. 1897, S. 549. — Bauwks.-Ztg. 1898, S. 42.

lotrechte Drücke vorkommen, so werden die Pfähle in der Regel lotrecht in den Boden eingetrieben. Indes wird es bei Widerlagern weit gefpannter und flacher Gewölbe, bei Stützmauern, bei Mauern und Freistützen, welche Dachkonstruktionen zu tragen haben, überhaupt bei Bauteilen, die einen starken Seitenschub erfahren, vorzuziehen sein, die Pfähle in die Richtung des herrschenden Druckes zu stellen (Fig. 740).

Bisweilen genügt es, nur eine oder nur einige Pfahlreihen schräg zu stellen, die übrigen aber lotrecht anzuordnen (Fig. 741). In manchen Fällen ist der Seitenschub veränderlich, nicht nur was seine Größe und Richtung betrifft, sondern auch in dem Sinne, daß er bald von der einen, bald von der anderen Seite wirksam sein kann. Bei Mittelfstützen größerer Gewölbkonstruktionen, bei denen die Belastung veränderlich ist, bei den Stützen größerer Decken und Dächer etc. kann dieser Fall eintreten. Alsdann werden einzelne Pfähle, bezw. Pfahlreihen gleichfalls schräg gestellt, jedoch nach verschiedenen Richtungen derart, daß den am häufigsten vorkommenden Druckverhältnissen in geeigneter Weise entgegengewirkt wird (Fig. 742).

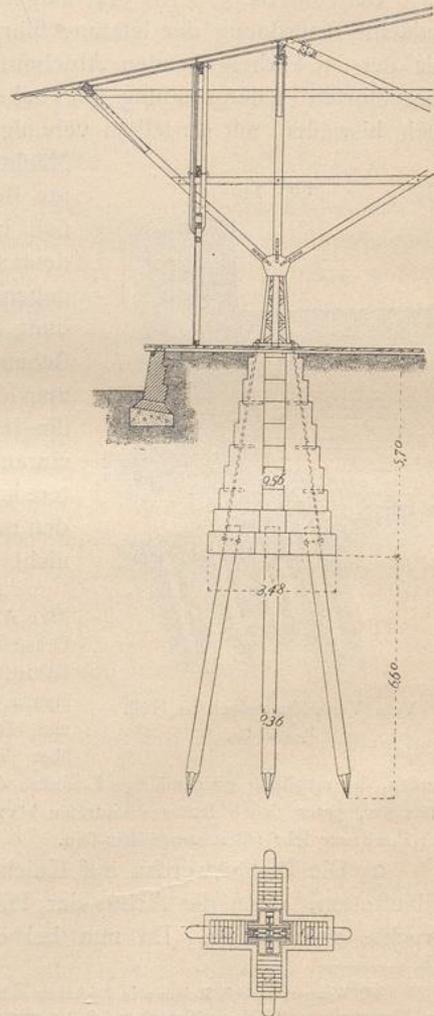
3) Die Länge der Rostpfähle läßt sich dann in sehr einfacher Weise bestimmen, wenn die Pfahlspitzen auf der tragfähigen Bodenschicht stehen sollen. Die Tiefenlage der letzteren, die man durch geeignete Bodenuntersuchungen (vergl. Art. 349, S. 290) feststellen muß, ist für die Pfahllänge maßgebend.

Dagegen stößt die Ermittlung der richtigen Pfahllänge häufig auf große Schwierigkeiten, wenn die Pfähle die erforderliche Standfestigkeit nur mittels Reibung in der lockeren Bodenschicht erhalten. Handelt es sich um eingerammte Pfähle, so kann man die von *Eytelwein*, *Redtenbacher*<sup>256)</sup>, *Weisbach*<sup>257)</sup>, *Brix* etc. aufgestellten Rammtheorien benutzen.

Die Rammtheorien haben die Aufgabe, eine Beziehung zwischen der Stosswirkung, die eine Ramme auf den einzutreibenden Pfahl ausübt, und der ruhenden Last, die er mit Sicherheit zu tragen im Stande ist, aufzustellen. Die gedachte Stosswirkung läßt sich nach jeder Hitze (von etwa 20 unmittelbar aufeinander folgenden Schlägen) infolgedessen unmittelbar ermitteln, als man das Eindringen des Pfahles jedesmal messen kann. Je geringer dieses Eindringen in der letzten Hitze war, desto größer wird im allgemeinen die Tragfähigkeit des Pfahles sein. In solchen Theorien spielen deshalb die Größen: Gewicht des Pfahles, Gewicht des Rammbaren, Fallhöhe des letzteren und Tiefe des Eindringens, die Hauptrolle.

Die meisten Rammtheorien liefern nur wenig zuverlässige Ergebnisse, da sie auf die Beschaffenheit der betreffenden Bodenschicht

Fig. 742.



Vom Quaischuppen am Grasbrookhafen zu Hamburg. —  $\frac{1}{200}$  w. Gr.

<sup>256)</sup> In: REDTENBACHER, F. Principien der Mechanik und des Maschinenbaues. Mannheim 1852. S. 102.

<sup>257)</sup> In: WEISBACH, J. Lehrbuch der Ingenieur- und Maschinen-Mechanik. Theil I. 5. Aufl. Bearbeitet von G. HERRMANN. Braunschweig 1874. S. 824.

456.  
Länge der  
Pfähle.

keine genügende Rücksicht nehmen. Für Rostpfähle, die in anderer Weise, wie z. B. durch Wasserspülung, in den Boden getrieben werden, fehlen theoretische Anhaltspunkte gänzlich.

Da auch die empirischen Formeln, die von verschiedenen Verfassern angegeben worden sind, unbrauchbar sind, so ist man in den häufigsten Fällen darauf angewiesen, die notwendige Pfahlänge durch Versuche zu ermitteln. Man treibt Probepfähle von verschiedener Länge und nach verschiedenen Rammverfahren ein, bringt alsdann tote Lasten auf und beobachtet sorgfältig das Verhalten der Pfähle. Bei kleineren Bauwerken sind solche Versuche allerdings zu umständlich und kostspielig, und man fusst häufig auf sonstigen Erfahrungsergebnissen, namentlich auf solchen, die unter ähnlichen Verhältnissen gewonnen wurden.

In Frankreich nimmt man an, daß in mittelfestem Boden ein Pfahl, der eine dauernde Belastung von 25 t tragen soll, in der letzten Hitze höchstens 10 mm tief eindringen dürfe. — In Holland wird bei Belastungen von 5 bis 10 t die zulässige Eindringtiefe bis zu 10 mm angenommen. — Im Sand- und Kiesboden der Rheinebene (Hessens und Badens) darf ein Pfahl, wenn er eine Last von 20 t mit Sicherheit tragen soll, in der letzten Hitze höchstens 4 bis 10 mm einsinken.

*Alpine* glaubt aus feinen Rammversuchen folgende Regeln gefunden zu haben:

α) Wächst die Fallhöhe des Rammbaren, so nimmt die Tragfähigkeit des eingerammten Pfahles im Verhältnis der Quadratwurzel der Fallhöhe zu.

β) Wächst das Bärgegewicht, so nimmt die Tragfähigkeit um ca. 0,8 des vermehrten Gewichtes zu.

γ) Die Tragfähigkeiten von Pfählen, die mit gleichem Bärgegewicht bei gleicher Fallhöhe eingerammt wurden, verhalten sich wie die Quadrate der Reibungsflächen der Pfähle.

4) Die Größe der Pfahlkopffläche hängt ab von der mittleren Dicke der Pfähle und vom Verjüngungsverhältnis der Baumstämme, die zu den Pfählen benutzt wurden. Die mittlere Pfahldicke ist wieder von der Pfahlänge abhängig. Zu dem in Art. 149 (S. 110) in dieser Richtung bereits Gesagten sei hier noch hinzugefügt, daß man für die Pfähle tiefliegender Roste einen mittleren Durchmesser

$$d = 12 + 3 l \text{ Centim.} \dots \dots \dots 240.$$

zu wählen hat, wenn  $l$  die Pfahlänge (in Met.) bezeichnet.

*Prudhomme* giebt allgemein

$$d = \frac{l}{24} \text{ Centim.}$$

an. Andere Verfasser wählen bis 5 m Pfahlänge 25 cm Pfahldicke, für jedes Meter Mehrlänge 10 bis 15 mm Mehrdicke.

Die statische Ermittlung der Dicke von Grundpfählen ist mit Hilfe der Gleichung 27 (S. 111) möglich. Für Langpfähle ist die Gleichung 28 (S. 111) in Anwendung zu bringen; für annähernde Rechnungen kann man auch die Relation benutzen:

$$d = 15 + 2,75 l \text{ Centim.}$$

5) Die erforderliche Zahl von Rostpfählen ist gleich der Gesamtbelastung des Pfahlrostes, dividiert durch die Tragfähigkeit eines Pfahles<sup>258)</sup>. Letztere muß nach den in Art. 456 gemachten Angaben ermittelt werden; als weitere Anhaltspunkte mögen die nachstehenden Erfahrungszahlen dienen.

Die Tragfähigkeit für 1 qm Pfahlkopffläche schwankt zwischen 15 und 45 kg, bleibt aber meist zwischen 20 und 40 kg; eine Belastung von 20 kg ist bei langen Pfählen und lockerem Boden, eine Belastung von 40 kg bei kurzen Pfählen und weniger lockerem Boden zulässig<sup>259)</sup>.

<sup>258)</sup> Siehe auch: BUBENDEY. Die Tragfähigkeit gerammter Pfähle. Centralbl. d. Bauverw. 1896, S. 533, 545.

<sup>259)</sup> Siehe auch: *Calcul du nombre des pieux pouvant supporter une maçonnerie donnée. Les annales des travaux publics*, Jahrg. 12, S. 29.

457.  
Dicke der  
Pfähle.

458.  
Zahl der  
Pfähle.

459.  
Tragfähigkeit  
der Pfähle.

Heinzerling giebt als zulässige Belastung für 1 qcm Nutzfläche des Pfahlroftes an: bei Moorboden 0,8 bis 1,2 kg, bei besserer Bodenart 3 bis 5 kg, bei festerem, durch Pfähle gedichteten Lehm-, Thon- und Sandboden bis 7 kg.

Ist die Tragfähigkeit für 1 qcm Pfahlkopffläche  $k$  (in Kilogr.) und misst die letztere  $f$  (in Quadr.-Centim.), so ist die Tragfähigkeit des Pfahles  $kf$  Kilogr. Beträgt der Druck, den das künftige Bauwerk auf den Pfahlroft ausüben wird,  $D$  (in Tonnen), so ist die erforderliche Zahl  $n$  der Pfähle

$$n = \frac{1000 D}{kf}$$

460.  
Anordnung  
der Pfähle.

6) Die Verteilung der Pfähle im Grundrifs soll derart geschehen, das jeder Pfahl eine gleich grosse Belastung erfährt und das an jede Ecke ein Pfahl zu stehen kommt. Bei regelmässiger (rechteckiger) Grundrifsform lässt sich diese Bedingung am einfachsten dadurch erfüllen, das man die Pfähle reihenweise schlägt (Fig. 743 u. 744). Die einzelnen Pfahlreihen erhalten alsdann einen Abstand von 0,70 bis 1,25 m, meist zwischen 0,80 und 1,20 m. Die Pfähle einer Reihe sind etwas weiter voneinander entfernt, so das der Abstand ca. um  $\frac{1}{6}$  grösser ist; man findet 0,90 bis 1,80 m, doch ist 1,00 bis 1,50 m Abstand zu empfehlen. Die statische Berechnung, welche auf Grundlage der in Art. 456 bis 459 gemachten Angaben anzustellen ist, muss für die Wahl des Pfahlabstandes massgebend sein.

Soll die Rostdecke aus Lang- und Querschwellen gebildet werden, so muss unter jedem Kreuzungspunkte der beiden Schwellenlagen ein Pfahl gelegen sein; hierdurch ergibt sich die netzförmige, in Fig. 743, 746 u. 747 dargestellte Anordnung. Wenn jedoch die Pfähle einen Betonkörper oder das Mauerwerk unmittelbar zu tragen haben, so empfiehlt es sich, die Pfähle in den einzelnen Pfahlreihen gegeneinander zu versetzen (Fig. 744). Die äusserste

Fig. 743.

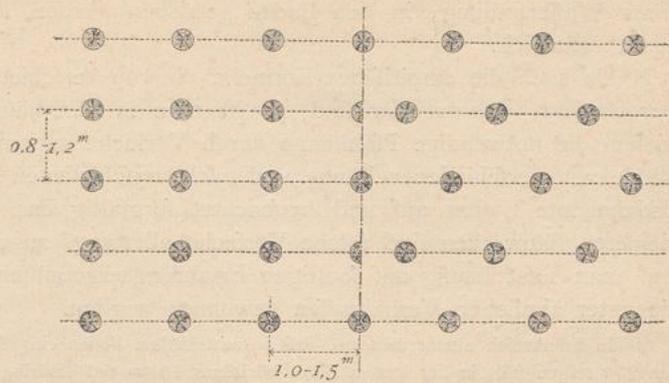


Fig. 744.

Fig. 746.

Fig. 747.

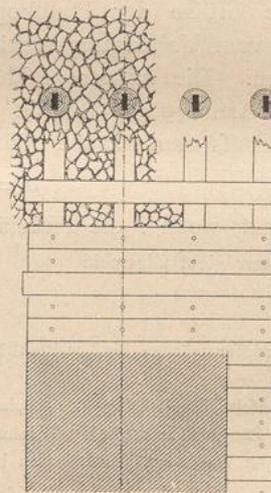


Fig. 745.

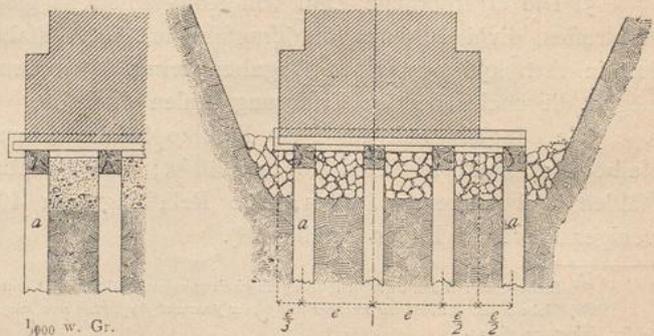
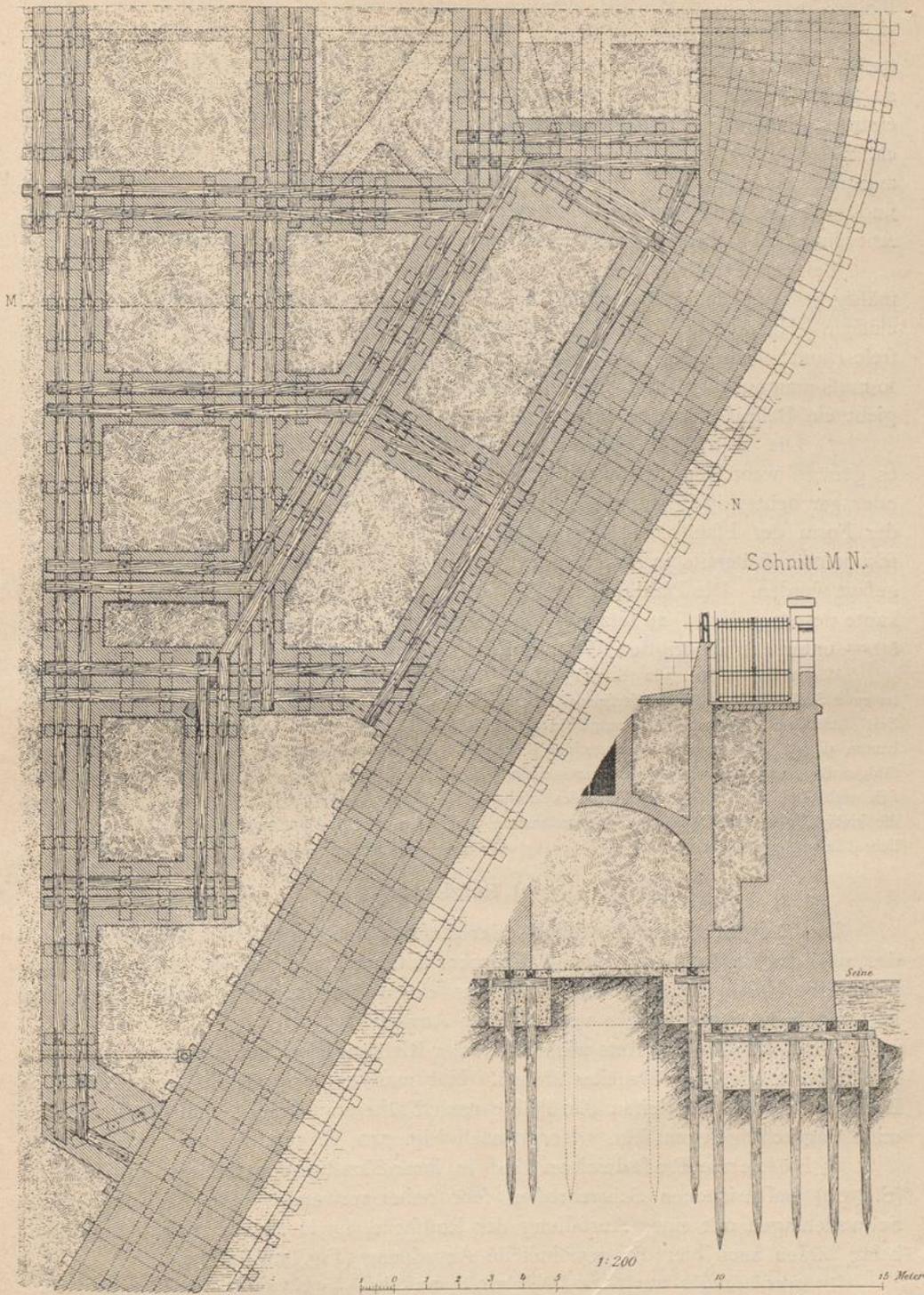


Fig. 748.



Fundamentplan des Leichenschauhauses zu Paris. — Südliche Hälfte <sup>260)</sup>.

<sup>260)</sup> Nach: *Revue gén. de l'arch.* 1864, Pl. 39.

Pfahlreihe *a* (Fig. 745) wird ziemlich häufig bündig mit dem Haupt des darüber stehenden Mauerwerkes gelegt; nur den Bohlenbelag läßt man bisweilen etwas vortreten. Diese Anordnung ist unrichtig, weil alsdann die äußeren Pfahlreihen weniger zu tragen haben wie die zwischenliegenden, daher leicht ungleichmäßige Setzungen eintreten können. Deshalb müssen entweder die äußeren Pfahlreihen etwas (um ca. 20 bis 30 cm) nach innen gerückt werden (Fig. 746), oder sie sind so weit nach außen zu schieben, daß die ihnen zunächst gelegenen Pfahlreihen ebenso belastet sind, wie die zwischen den letzteren befindlichen (Fig. 747). Die zweitgedachte Anordnung ist kostspieliger und empfiehlt sich nur für große Belastungen.

Bei der Gründung von Bauwerken, deren Grundriß weniger regelmäßig geformt ist, gestaltet sich die Verteilung der Rostpfähle weniger einfach. Handelt es sich um einen Betonpfahlrost, so hat man ziemlich freie Hand; wenn jedoch Holzschwellen auf die Pfähle zu liegen kommen, so muß man auf thunlichste Reihenanzahl der letzteren sehen. Fig. 748 giebt ein Beispiel für eine unregelmäßigere Grundrißanordnung.

7) Die Rostpfähle regelmäßig zu behauen, ist nicht notwendig; es genügt, wenn die Rinde abgelöst wird. In der That kommen vier- oder gar achteckig (Fig. 749) behauene Pfähle sehr selten vor. Bezüglich der Form der Pfahlspitze, der Gestalt der etwa anzuwendenden Pfahlschuhe etc. ist bereits in Art. 150 bis 152 (S. 111 u. 112) das Erforderliche gefagt worden. Die Pfahlköpfe müssen so tief gelegen sein, daß die Oberkante der etwa darauf zu setzenden Holzkonstruktion mindestens 30, besser 50 cm unter den niedrigsten Wasserstand zu liegen kommt.

Wie schon in Art. 382 (S. 311) bemerkt wurde, ist hierbei auf eine möglicherweise später eintretende Senkung des Grundwasserspiegels Rücksicht zu nehmen. In Hamburg hat man bei den um die Zeit nach dem großen Brande ausgeführten Häusern diese Regel nicht befolgt. Bei den meisten Neubauten pflegte man etwa 60 cm unter der Kellerhöhle den Boden auszuheben und, wenn sich kein tragfähiger Baugrund vorfand, ohne weiteres einen Pfahlrost auszuführen. Die Folgen dieses Verfahrens haben sich nach Senkung des Grundwasserstandes infolge des Sielbaues in übelster Weise geltend gemacht, wovon die kostspieligen Unterfahrungen der Fundamente vieler Häuser auf der ehemaligen Brandstätte ein deutliches Zeugnis geben.

#### b) Rostdecke.

Die Rostdecke, der Rostbelag oder die Zwischenkonstruktion, welche die Last des auf dem Pfahlrost ruhenden Baukörpers aufnimmt und auf die Pfähle überträgt, kann eine Holzkonstruktion sein oder aus einem Betonkörper bestehen; bisweilen kommen beide Anordnungen vereinigt zur Anwendung.

Die Rostdecke soll stets winkelrecht zur Richtung des vom darauf zu setzenden Baukörpers ausgeübten Druckes stehen. Hat man es hauptsächlich mit lotrechten Drücken zu thun, so stehen die Pfähle nach Früherem lotrecht, und die Rostdecke muß wagrecht gelegen sein. (Vergl. auch Fig. 740, S. 369.)

1) Hölzerne Rostdecken sind in ihrer Konstruktion mit den in Art. 444 (S. 361) beschriebenen Schwellenrosten sehr nahe verwandt. Zwei sich kreuzende Schwellenlagen mit einer Ausfüllung der Rostfäche, sowie ein aufgebrachter Bohlenbelag bilden auch hier die gewöhnliche Anordnung (Fig. 746 u. 747).

Die einer Pfahlreihe angehörigen Pfähle werden meist durch Langschwellen oder Holme miteinander verbunden. Stehen seitliche Verschiebungen nicht zu befürchten, so kann man diese Schwellen nur stumpf auf die in gleicher Höhe abgesechnittenen Pfähle aufsetzen (Fig. 747); meistens wird indes eine Verbindung beider vorgenommen. Dieselbe geschieht am einfachsten mittels ca. 40 cm langer und 3 cm dicker Holz-

Fig. 749.

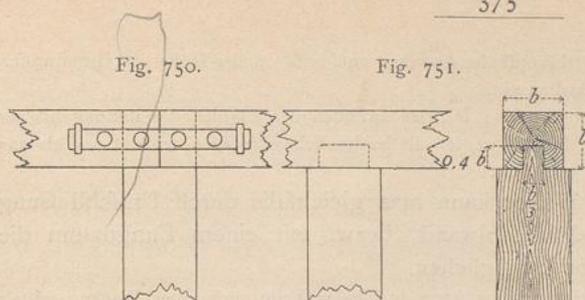


Vom  
Leichen-  
schauhaus  
zu  
Paris 260).  
1/50 w. Gr.

46r.  
Pfähle.

46z.  
Hölzerne  
Rostdecken.

463.  
Lang- und  
Querschwellen.

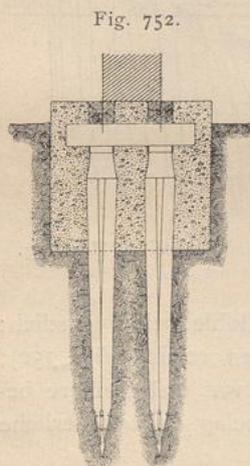


alsdann von oben Keile in die Hirnenden der Zapfen ein; eine solche Anordnung ist zwecklos und kostspielig, daher nicht zu empfehlen.

Längere Schwellen bestehen aus einzelnen Stücken, deren Stöße jedesmal auf einen Pfahl zu liegen kommen; die Stofsverbindung geschieht ebenso, wie bereits in Art. 445 (S. 362) für die Schwellroste angegeben wurde; bei stumpfen Stößen (Fig. 750) werden die Zapfen am besten in der vollen Breite der Pfähle angechnitten, damit die beiden Schwellenenden sicher gefasst werden.

Die Querschwellen oder Zangen, welche der Quere nach auf die Langschwellen zu liegen kommen, werden entweder blofs mittels eiserner, 40 bis 45 cm langer Nägel (Fig. 752), bzw. Holzschrauben auf letzteren befestigt oder auf die Langschwellen aufgekämmt. Wenn indes, wie dies bei den meisten Hochbauten der Fall ist, die Langschwellen die wichtigere Rolle spielen, so werden diese gar nicht ausgechnitten, sondern nur die Querschwellen.

Bei Hochbauten liegen die Langschwellen gewöhnlich zu unterst, und eine solche Anordnung, durch die eine Längsverankerung der ganzen Fundamentkonstruktion erzielt wird, ist ganz entsprechend. Wenn indes starke Seitenstöße wirksam sind, wie bei Widerlagern von gröfseren Gewölben, bei Stützmauern etc., wenn infolge dieser das Ausweichen der Pfähle in der Querrichtung des Mauerwerkes zu befürchten wäre, so ist es vorzuziehen, die Querschwellen unmittelbar auf die Pfähle aufzuzapfen und die Langschwellen erst auf diese zu legen.



Vom Leichenschauhaus zu Paris<sup>260)</sup>. — 1/50 w. Gr.

Man hat in letzterem Falle wohl auch das unmittelbare Aufsetzen der Langschwellen auf die Pfahlköpfe beibehalten, jedoch die Rostzangen unter die letzteren gelegt; sie wurden doppelt (aus Halbhölzern) angeordnet, so dass die in einer Querreihe gelegenen Pfähle zwischen je zwei Halbzangen gefasst und damit verbolzt wurden.

Die Bettung oder die Ausfüllung der Rostfäche, welche auch hier aus Sand, Mauerchutt, Steinpackung, Trockenmauerwerk, selbst aus Mörtelmauerwerk und aus Beton besteht, reicht bei Pfahlrosten meist ziemlich tief (50 cm und darüber) unter die untere Schwellenlage hinab, was zum Teile mit der Ausführung zusammenhängt.

Für die letztere wird bei Hochbauten fast stets die Ausschachtung einer Baugrube erforderlich; die Tiefe derselben hängt zum Teile von der Tiefenlage der unterirdischen Räume und anderen örtlichen Verhältnissen ab; doch muss sie jedenfalls so groß sein, damit die Oberkante der Holzkonstruktion tief genug unter den niedrigsten Grundwasserspiegel zu liegen kommt.

Nachdem die Pfähle eingerammt worden sind, wird zwischen denselben das Bodenmaterial auf eine Tiefe von 30 bis 50 cm, bisweilen auf eine noch größere Tiefe ausgehoben; hierdurch wird das Abschneiden der Pfähle in gleicher Höhe, erforderlichenfalls das Anfeuern der Zapfen erleichtert.

Bei letzteren Arbeiten muss Wasserschöpfen stattfinden. Man kann jedoch das Grundwasser benutzen, wenn die Pfähle in gleicher wagrechter Ebene abzuschneiden sind; man lässt in die anfangs trocken ge-

schräuben oder auch nur mittels ebenso langer Nägel. Die Verbindung wird am widerstandsfähigsten, wenn man an die Pfahlköpfe kurze Zapfen (ca. 15 cm lang, 6 bis 8 cm breit, 8 bis 12 cm hoch) anschnidet und die Langschwellen mit entsprechenden Zapfenlöchern versieht (Fig. 750 u. 751). Man lässt wohl auch die Pfahlzapfen durch die ganze Schwellenhöhe hindurchgehen und treibt

464.  
Bettung.

465.  
Ausführung.

haltene Baugrube das Grundwasser bis in Pfahlkopfhöhe eintreten und reißt in der Höhe des Grundwasserspiegels an den Pfählen die betreffenden Marken ein.

Sind die Pfahlköpfe entsprechend vorbereitet, so wird zwischen den Pfählen die Bettung bis zur Höhe der Schwellenunterkante eingebracht; hierauf werden die beiden Schwellenlagen veretzt und alsdann die von ihnen gebildeten Fache gleichfalls ausgefüllt.

Bei Gründungen im offenen Wasser kann man gleichfalls durch Umschließung der Baustelle mit einer Spund- oder Pfahlwand, bezw. mit einem Fangdamm die Bildung einer wasserfreien Baugrube ermöglichen.

Das Abschneiden der Pfähle in gleicher Höhe kann in diesem Falle auch unter Wasser, mittels fog. Grundlägen, geschehen.

466.  
Hochliegende  
Pfahlroste.

Die Herstellung und Trockenlegung einer Baugrube kann im offenen Wasser umgangen werden, wenn man statt des tiefliegenden den schon erwähnten hochliegenden oder hohen Pfahlrost anwendet. Die aus dem Grunde hervorragenden Langpfähle reichen bis an das Niederwasser und erhalten in dieser Höhe den Schwellenbelag (Fig. 753). Der Raum zwischen den Pfählen wird häufig mit Steinschüttungen ausgefüllt; bei größerer Höhe trachtet man die Standfestigkeit des Fundaments durch ein zwischen die Pfähle gelegtes Strebenwerk zu erhöhen.

Beim Bau der neuen Börse in Königsberg (1871—73, Arch.: H. Müller) ist der dem Wasser zugekehrte Teil des Gebäudes auf Langpfählen gegründet. Um diese abzusteuern, bezw. gegen Ausknicken zu schützen, wurde zwischen die Pfähle, nachdem sie durch Spundwände umschlossen waren, eine Betonfüllung eingebracht. Schließlich wurde auf die Pfahlköpfe ein Bohlenbelag gelegt und auf diesen das Mauerwerk gesetzt.

467.  
Bohlenbelag.

Der Bohlenbelag wird hier ebenso wie beim Schwellrost ausgeführt; seine Dicke, sowie auch die Abmessungen der Schwellen sind wie bei letzterem zu wählen. Die Anordnung der Schwellenlagen und des Bohlenbelages an Mauerecken und Mauerdurchkreuzungen findet gleichfalls wie bei den Schwellrosten statt (vergl. auch Fig. 748, S. 373). Bisweilen fehlt der Bohlenbelag gänzlich; dies ist um so zulässiger, je tiefer die Bettung in den Boden reicht (Fig. 752); auch läßt man die eine oder die andere Schwellenlage weg, was insbesondere bezüglich der Querschwellen geschehen kann, sobald der Bohlenbelag die erforderliche Querverbindung hervorbringt.

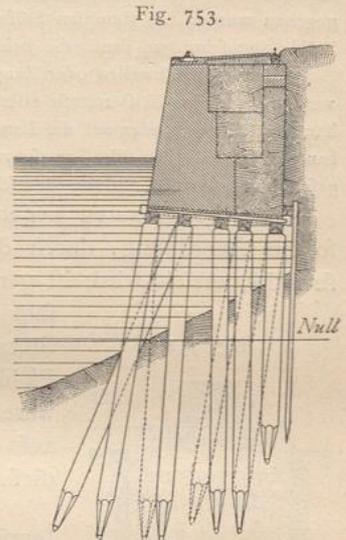


Fig. 753.

Vom Sandthorquai zu Hamburg.  
1/100 w. Gr.

468.  
Spundwände.

Sobald durch Wasser das Unterwaschen der Rostdecke oder das Erweichen der darunter befindlichen Bodenmassen eintreten kann oder wenn man starkes seitliches Ausweichen

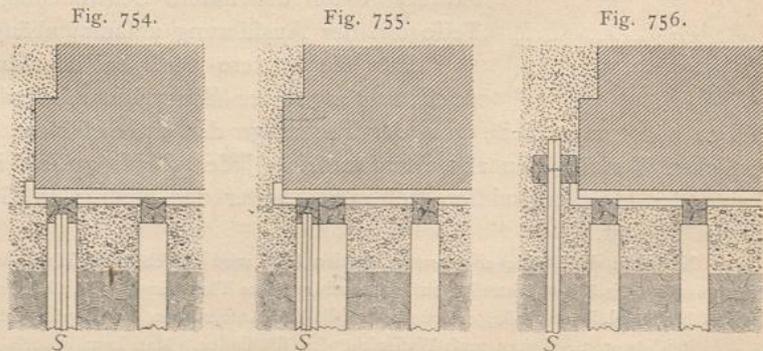


Fig. 754.

Fig. 755.

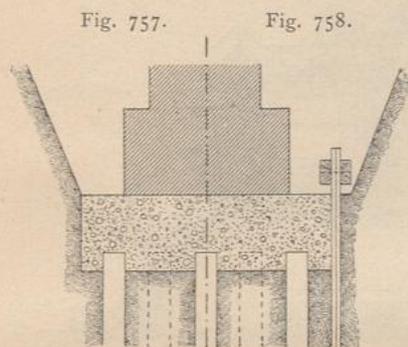
Fig. 756.

Anordnung von Spundwänden bei Pfahlrosten. — 1/100 w. Gr.

der lockeren Bodenschicht und der darin stehenden Pfähle befürchtet, so ist der Pfahlrost durch eine Spundwand dagegen zu schützen. Dieselbe umschließt entweder das ganze Fundament, oder sie wird nur an jener Seite gefchlagen, von wo aus der Angriff des Wassers stattfindet. Bei Gründungen im offenen Wasser dürfen Spundwände nur dann fehlen, wenn sie durch Steinschüttungen ersetzt werden.

Es ist am vorteilhaftesten, die Spundwand *S* unabhängig von der Pfahlrostkonstruktion anzuordnen, wie in Fig. 756. Die Spundwand zwischen die äußersten Pfahlreihen oder unmittelbar neben dieselben so zu legen, daß die Rostdecke oder der Bohlenbelag darüber hinwegreicht, ist nur dann zulässig, wenn die Pfahlreihenordnung nach Fig. 747 geschehen ist. Sonst bewirkt die Spundwand ungleichmäßige Senkungen, da sie unter der Belastung sich weniger setzt, als die dazu parallelen Pfahlreihen (Fig. 754 u. 755). Befürchtet man das seitliche Ausweichen der gefondert angebrachten Spundwand, so verbinde man sie durch eiserne Anker mit den Querschwellen der Rostdecke.

2) Betonpfahlroste werden in der Weise gebildet, daß man auf die eingerammten und in gleicher Höhe abgechnittenen Pfähle eine Betonschicht von entsprechender Mächtigkeit aufbringt (Fig. 757 u. 758). Die Pfahlköpfe sollen nicht weniger als 15 cm in den Betonkörper reichen, und dieser sollte über den Pfahlköpfen keine geringere Mächtigkeit als etwa 50 cm, besser 75 cm haben. Für die Herstellung dieser Betonschicht gilt das über Betonfundamente bereits Gefagte. Spundwände, welche den Betonkörper umschließen und gegen Unterwaschung schützen, sollen hier niemals fehlen (Fig. 758).



Betonpfahlroste. —  $\frac{1}{100}$  w. Gr.

Für die Gründung des neuen Reichstagshauses in Berlin<sup>261)</sup> ist an einzelnen Stellen (nördliche Türme und Kuppel), wo der Baugrund besonders ungünstig befunden wurde, Betonpfahlrost-Gründung in Anwendung gekommen. Die mittels Dampfrahmen *Siffon & White'schen* Systems in der Zeit vom 1. September bis 14. Oktober 1884 und zur Beschleunigung der Arbeit mit Hilfe der elektrischen Beleuchtung in den Abendstunden gefchlagenen 2232 Stück Rundpfähle der Kuppel hatten bei einem mittleren Durchmesser von 25 cm eine Länge von 5,00 m, wurden in einer Tiefe von 1,10 m unter Niederwasser abgechnitten und mit einem Betonkörper von 1,40 m Stärke bedeckt. Die Pfähle wurden nach einem gleichseitigen Dreieck in 1 m Entfernung von Mitte zu Mitte in schrägen Reihen, deren normaler Abstand 86,6 cm betrug, eingerammt. Vorher war die ganze Baugrube durch eine Spundwand von 5,25 m Tiefe umschlossen worden. Nach Beendigung der Rammarbeiten wurde der Boden zwischen den Pfahlköpfen bis auf 15 cm unterhalb dieser ausgehoben, so daß die Pfahlköpfe um dieses Maß in die Betondecke eingreifen<sup>262)</sup>. — Ueber die Kosten dieser Gründung, insbesondere auch im Vergleich zur gewöhnlichen Betongründung (siehe den unten<sup>261)</sup> angezogenen Artikel.

Eine interessante Gründung dieser Art wurde auch von *Durm* bei dem in den neunziger Jahren ausgeführten Bau der neuen protestantischen Kirche zu Badenweiler vollzogen (Fig. 759). Die Pfahlköpfe sind 75 cm unter dem niedrigsten Wasserstand gelegen; die Pfähle sind 6,00 m lang und 25 cm dick; sie greifen 15 cm in die Betondecke ein. Letztere ist 1,75 m stark und wurde durch Bandeiseneinlagen verstärkt<sup>263)</sup>.

Die Stärke, welche die Betondecke unter den ungünstigsten Verhältnissen erhalten mußte, läßt sich ermitteln, wenn man von der Voraussetzung ausgeht, daß diese Platte die ganze Last auf zwei benachbarte Pfahlreihen wie ein wagrecht eingespannter Balken vermöge seiner Biege- und Scherfestigkeit zu übertragen hat.

<sup>261)</sup> Siehe Art. 380 (S. 309).

<sup>262)</sup> Nach: Centralbl. d. Bauverw. 1885, S. 25.

<sup>263)</sup> Siehe: DURM, J. Die neue protestantische Kirche in Badenweiler. Deutsche Bauz. 1899, S. 137.

469.  
Beton-  
pfahlroste.

470.  
Stärke  
der  
Betondecke.

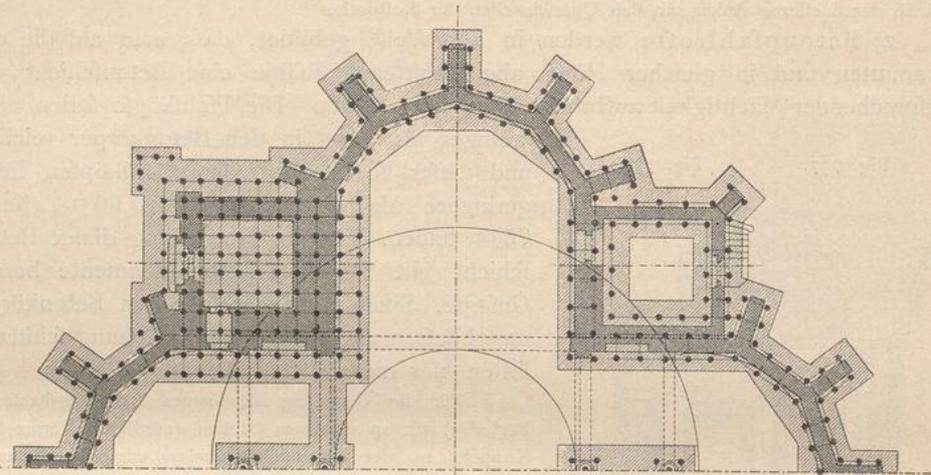
Allerdings liegt ein solcher Zustand nur dann vor, wenn etwa durch Wasseradern an der Betonunterfläche die Berührung zwischen Beton und Erde unterbrochen werden oder letztere dem Zusammenpressen viel weniger Widerstand entgegenzusetzen sollte, als die Pfähle selbst.

Für Beanspruchung auf Biegung ist die Gleichung<sup>264)</sup>

$$\frac{\gamma}{a} = \frac{M}{K}$$

in Anwendung zu bringen, worin  $\frac{\gamma}{a}$  das sog. Widerstandsmoment ist,  $\gamma$  das Trägheitsmoment des Querschnittes,  $a$  den Abstand der am meisten gezogenen Faser von der Nulllinie,  $M$  das größte Biegemoment und  $K$  die größte zulässige Zugbeanspruchung des Betons bezeichnet.

Fig. 759.



Von der neuen protestantischen Kirche zu Badenweiler<sup>263)</sup>.

Für einen beiderseits eingespannten Balken ist das größte Angriffsmoment, wenn  $p$  die Belaftung für die Flächeneinheit und  $l$  die freie Länge des Balkens bezeichnen,

$$M = \frac{1}{12} p l.$$

Ist  $h$  die Stärke der Betondecke, so ist  $a = \frac{h}{2}$  und für einen Streifen von  $b = 1$  m Breite<sup>265)</sup>

$$\gamma = \frac{1}{12} h^3.$$

Sonach wird, auf Grundlage der obigen Bedingungsgleichung,

$$\frac{1 \cdot h^3 \cdot 2}{12 h} = \frac{p l}{12 K},$$

woraus

$$h = \sqrt{\frac{p l}{2 K}} \dots \dots \dots 241.$$

Nimmt man  $K$  zu 1,3 kg für 1 qcm<sup>266)</sup> an, so wird für Beanspruchung auf Biegung

$$h = 0,0062 \sqrt{p l} \dots \dots \dots 242.$$

Für die Beanspruchung auf Abscheren dicht neben den Pfählen ist die Schubspannung für die Flächeneinheit<sup>267)</sup>

$$\delta = \frac{3}{2} \frac{Q}{h},$$

<sup>264)</sup> Siehe Gleichung 36, S. 262 in Teil I, Bd. 1, zweite Hälfte dieses »Handbuches« (2. Aufl.: Gleichung 44, S. 65. — 3. Aufl.: Gleichung 59, S. 77).

<sup>265)</sup> Siehe Gleichung 43, S. 266 (2. Aufl.: Gleichung 19, S. 33. — 3. Aufl.: Art. 51, S. 35) ebendaf.

<sup>266)</sup> Siehe Tabelle auf S. 247 (2. Aufl.: S. 53. — 3. Aufl.: S. 64) ebendaf.

<sup>267)</sup> Siehe Art. 326, S. 287 u. Art. 329, S. 289 (2. Aufl.: Art. 102, S. 77 u. Art. 105, S. 78. — 3. Aufl.: Art. 92, S. 68) ebendaf.

wobei wieder ein  $b = 1$  m breiter Streifen angenommen wird und  $Q$  die Querkraft bezeichnet. Im vorliegenden Falle ist  $Q = \frac{pl}{2}$ , fonach

$$\mathfrak{S} = \frac{3}{4} \frac{ql}{h}$$

Die für Schubfestigkeit erforderliche Querschnittsgröße  $F$  ergibt sich aus der Relation<sup>268)</sup>

$$F = \frac{\mathfrak{S}}{T}$$

worin  $T$  die größte zulässige Schubbeanspruchung bezeichnet. Im vorliegenden Falle ist (für den 1 m breiten Streifen)  $F = h$ , fonach

$$h = \frac{\mathfrak{S}}{T} = \frac{3pl}{4hT}$$

woraus

$$h = \sqrt{\frac{3pl}{4T}} = 0,866 \sqrt{\frac{pl}{T}} \dots \dots \dots 243.$$

Nimmt man die Schubfestigkeit eines guten Zementmörtels zu 16 kg für 1 qcm und 10fache Sicherheit an, so wird

$$h = 0,866 \sqrt{\frac{pl}{16000}} = 0,0088 \sqrt{pl} \dots \dots \dots 244.$$

Beispiel. Beim Bau des neuen Reichstagshauses in Berlin betrug die größte Belastung der Betondecke stellenweise 60 t für 1 qm und der Abstand der Pfahlreihen, wie im vorhergehenden Artikel gefagt, 87 cm; fonach ergibt sich für Beanspruchung auf Biegung

$$h = 0,0082 \sqrt{60000 \cdot 0,87} = 1,42 \text{ m.}$$

Die mit 1,40 m gewählte Stärke der Betondecke ist fonach ausreichend.

Für die Beanspruchung auf Abscheren ist die größte Schubspannung bei der gewählten Stärke  $b = 1,40$  m

$$\mathfrak{S} = \frac{3}{4} \cdot \frac{60000 \cdot 0,87}{1,4} = 28000 \text{ kg für 1 qm}$$

oder 2,8 kg für 1 qcm. Die Querschnittsfläche  $F = 1,4$  qm, fonach die Beanspruchung auf Abscheren

$$T = 2,0 \text{ kg für 1 qcm.}$$

Auch die Durchführung einer unter dem ganzen Gebäude durchgehenden Betonplatte (siehe Art. 427, S. 346) ist auf den Betonpahlrost übertragen worden. Es empfiehlt sich alsdann, unter denjenigen Teilen der Betonierung, auf welche die Mauern oder andere stark belastete Gegenstände zu stehen kommen, die Pfähle dichter zu stellen, als in den übrigen Teilen.

471.  
Durchgehende  
Betondecke.

Das neue pharmakologische Institut in Berlin (Ecke der Dorotheenstrasse und Schlachtgasse) wurde im Jahre 1879 auf einen derartigen durchgehenden Betonpahlrost gestellt (Fig. 760 u. 761).

Die Betonplatte ist 2 m dick. Die Baugrube wurde, nachdem das Einrammen der Pfähle beendet war, zwischen den letzteren ausgebagert, die Pfähle unter Wasser, 90 cm unter dem niedrigsten Wasserstande, abgeschnitten und dann der Beton eingebracht. Eine vergleichende Kostenberechnung fiel zu Gunsten dieser Konstruktion aus.

Die das Gebäude umgebende Futtermauer soll die vom Straßenverkehre herrührenden Erschütterungen fernhalten; deshalb durfte ihr Fundament mit dem des Gebäudes in keinem Zusammenhange stehen (siehe die Fußnote 176 auf S. 300). Diese Mauer erhielt eine gewöhnliche Pfahlrostgründung; ein Betonpahlrost wäre, der doppelten Spundwände wegen, erheblich teurer zu stehen gekommen.

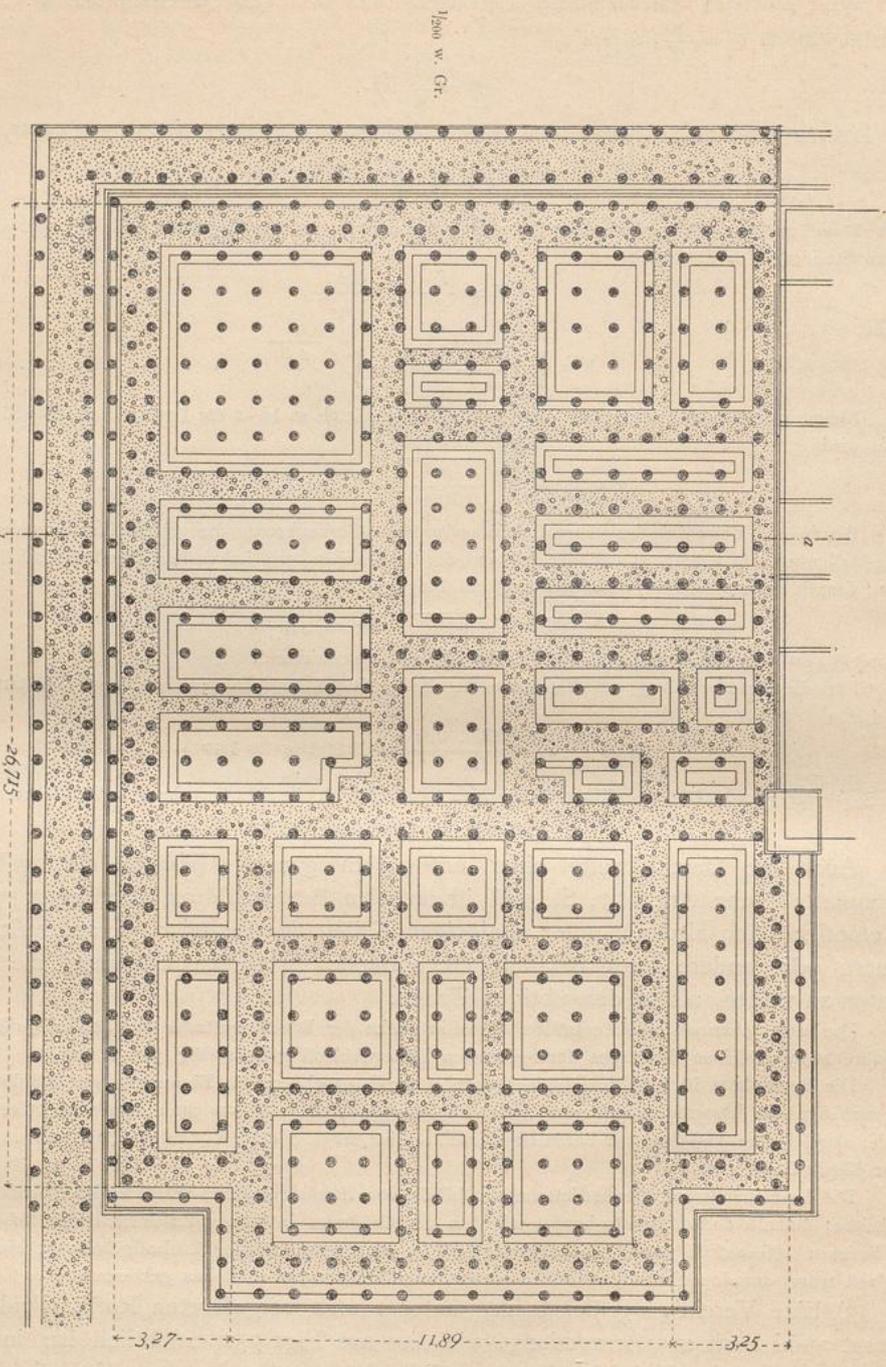
3) Eine Vereinigung der beiden unter 1 u. 2 vorggeführten Rostkonstruktionen kommt wohl auch zur Anwendung, wie dies aus Fig. 752 ersichtlich ist; indes ist das Hinzufügen der Holzschwellen zum Betonkörper nur dann gerechtfertigt, wenn der letztere nicht fest genug ist, um die erforderliche Längs- und Querverankerung der Pfähle hervorzubringen.

472.  
Sonstige  
Anordnungen.

Eine eigentümliche Art von Pfahlrost wandten schon die Römer an. Vitruv sagt darüber: Es wurden zunächst angekohlte Spitzpfähle aus dem Holz des Erlen-, Eichen- oder Oelbaumes ziemlich dicht

<sup>268)</sup> Siehe Gleichung 27, S. 255 (2. Aufl.: Gleichung 39, S. 57. — 3. Aufl.: Gleichung 50, S. 68) ebendaf.

Fig. 760.



1/1000 w. Gr.

Fundamentplan des neuen pharmakologischen Instituts zu Berlin 269.

Siehe  
den Querschnitt  
in Fig. 755.

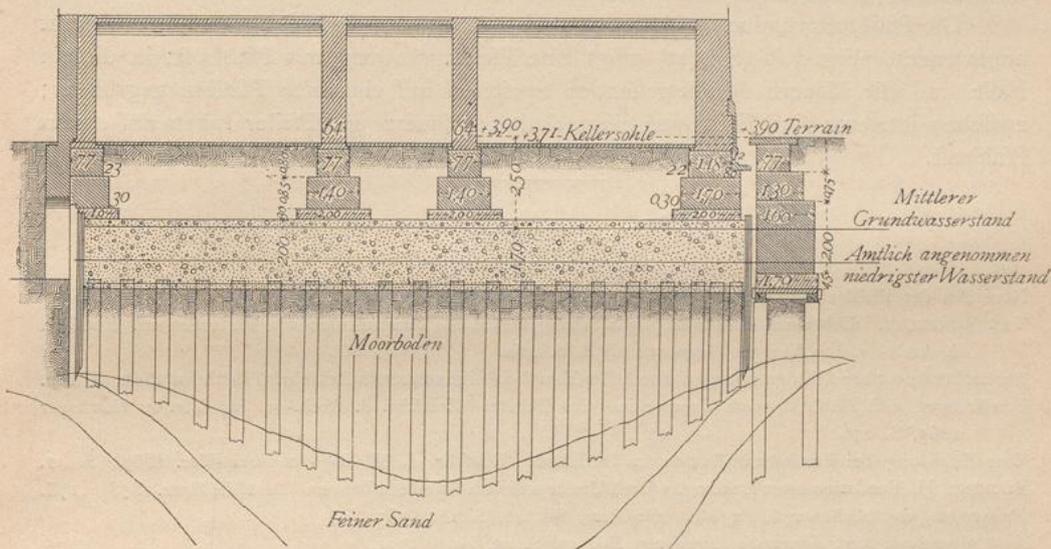
nebeneinander geschlagen. Zwischen den Pfahlköpfen wurde eine Schicht Holzkohle ausgebreitet, um die Konfervierung der Pfähle zu fördern. Ueber den Pfahlköpfen wurde Mauerwerk aus Quadern mit möglichst langen Bindern hergestellt etc.

4) Bezüglich der Anwendung der Pfahlroßfundamente sind bereits in Art. 454 (S. 369) die beiden Hauptfälle hervorgehoben worden, in denen diese Gründungsweise besonders in Frage kommt. Es ist auch schon gefagt worden, daß jene Anordnung den Vorzug verdient, wobei die Pfahlspitzen auf oder in der tragfähigen Bodenschicht stehen.

Unter den verschiedenen Pfahlroßkonstruktionen ist im allgemeinen dem Betonpfahlroß der Vorzug zu geben. Derselbe gestattet meist eine einfachere und raschere Ausführung; seine Kosten sind jedenfalls nicht höher als diejenigen des gewöhnlichen Pfahlroßes, und man vermeidet zwischen Pfählen und Mauerwerk eine Zwischenkonstruktion, die aus so verschiedenartigem Material und aus so vielen

473.  
Anwendung.

Fig. 761.



Schnitt nach *ab* in Fig. 760<sup>269)</sup> —  $\frac{1}{200}$  w. Gr.

Teilen besteht; Wasserschöpfen, welches nicht selten nachteilig auf die Nachbargebäude wirkt, kann gänzlich vermieden werden. Die gewöhnliche Pfahlroßkonstruktion sollte man nur dann dem Betonpfahlroß vorziehen, wenn man eine Betonierung nicht leicht ausführen kann, oder wenn in sehr lockerem Boden eine besonders kräftige Verankerung der Roßpfähle untereinander erforderlich wird. Im übrigen läßt sich letztere auch beim Betonpfahlroß durch geeignete Eiseinlagen erzielen.

Sonach läßt sich die Anwendung des Betonpfahlroßes für Hochbauten ziemlich allgemein empfehlen. Es ist zu bedauern, daß sich derselbe im Hochbauwesen noch keinen weiteren Eingang verschafft hatte, obwohl die bei Ingenieurbauten gemachten Erfahrungen darthun, daß dies ein sehr zweckmäßiges und zuverlässiges

<sup>269)</sup> Nach den von Herrn Reg.- u. Baurat *Zaßrau* freundlichst zur Verfügung gestellten Plänen.

Gründungsverfahren ist<sup>270)</sup>. Um so erfreulicher ist es, daß in der neuesten Zeit, wie die Beispiele in Art. 469 u. 471 zeigen, ausgiebigere Anwendung von dieser Fundamentkonstruktion gemacht wird.

Schließlich soll nicht unerwähnt bleiben, daß Pfahlrostgründungen stets kostspielige Gründungsverfahren sind. Sie kommen um so teurer zu stehen, je länger die Rostpfähle sind. Man ist in letzterer Beziehung bis zu 20<sup>m</sup> und mehr Pfahllänge gegangen; indes sollte man 12, höchstens 15<sup>m</sup> nicht leicht überschreiten; bei größerer Gründungstiefe kommt in vielen Fällen die Gründung mit anderweitigen versenkten Fundamenten billiger zu stehen<sup>271)</sup>. Die Pfahlrostgründung stellt sich dagegen in jenen Fällen am billigsten heraus, wo über dem tief anstehenden tragfähigen Sandboden eine mächtige, weiche Alluvial-, Moor- oder Dargfschicht lagert, wie dies z. B. in den deutschen und holländischen Nordseemarschen vorkommt.

Roste mit eingerammten Pfählen dürfen nicht angewendet werden, wenn durch die beim Einrammen der Pfähle erzeugten Erschütterungen nahe stehende Gebäude, unterirdische Rohrleitungen etc. Schaden leiden könnten, ein Fall, der in unseren Städten nicht selten vorkommt.

Die Pfahlrostgründung wird wohl auch mit anderen Gründungsverfahren vereint angewendet. Fig. 710 (S. 341) zeigt eine Pfeilergründung mit Pfahlrost; in diesem Falle sind die Mauern des betreffenden Speichers auf einzelnen Pfeilern gegründet; zwischen letzteren sind Erdbogen eingefaltet; Mauern und Pfeiler ruhen auf einem Pfahlrost.

#### Litteratur

über »Pfahlgründungen«.

- Neue Art der Pfahlgründung und Verankerung. *Civiling*. 1855, S. 124.  
 VAN RONZELN. Ueber die Anwendung von Schrägpfählen bei Fundamenten von Futtermauern. *Zeitschr. d. Arch.- u. Ing.-Ver. zu Hannover* 1858, S. 462.  
 Beobachtungen über Pfahlgründungen durch Einschrauben. *HAARMANN'S Zeitschr. f. Bauhdw.* 1862, S. 162.  
 Fundirungen auf Pfahlrost nach Compression des Bodens. *Zeitschr. d. Arch.- u. Ing.-Ver. zu Hannover* 1865, S. 276.  
 Eine Erfahrung bei Fundaments-Bauten in Treibsand. *Zeitschr. d. öst. Ing.- u. Arch.-Ver.* 1867, S. 41.  
 BÜCKING, H. Foundation einer Lokomotiv-Drehscheibe auf dem Bahnhofe Bremen. *Deutsche Bauz.* 1878, S. 178.  
*Promenade pier, Aldeborough, Suffolk. Engineer*, Bd. 46, S. 182, 183.  
*Iron promenade pier, Skegness. Engineer*, Bd. 49, S. 42, 44, 66, 72.  
 PFEIFER. Der Pfahlrost des Gerichtsgebäudes in Braunschweig und das Einspülen von Pfählen. *Centralbl. d. Bauverw.* 1882, S. 467.  
 HAGN. Ueber Untersuchungen bez. der Zusammenpressung von Langhölzern bei Gründungen. *Deutsche Bauz.* 1887, S. 583.  
*The foundations for the U. S. government post office and custom house building at Chicago. Architecture and building*, Bd. 29, S. 211.

<sup>270)</sup> Für Brückenpfeiler in größeren Wassertiefen kommt der gewöhnliche Pfahlrost nur mehr selten zur Anwendung. Mittels Betonpfahlrost sind in neuerer Zeit die Pfeiler sehr großer Strombrücken gegründet worden. Rostpfähle mit Betonschichten von 6 bis 8<sup>m</sup> Mächtigkeit haben sich vorzüglich bewährt.

<sup>271)</sup> Nach einer von *Funk* gemachten Zusammenstellung, welche sich auf ca. 50 neuere Brückengründungen erstreckt, ergeben sich die durchschnittlichen Kosten von 1<sup>ebm</sup> Brückenpfeiler bis zum Niederwasserstand bei Gründung auf Betonpfahlrost zu 97, bei Gründung auf Senkbrunnen zu 71 Mark. — Bei 19 Pfeilern, welche in neuerer Zeit für 6 sächsische Elbbrücken ausgeführt worden sind, stellten sich die Kosten des Pfeilermauerwerkes bis zur Wasserhöhe

	bei Pfahlrostgründung:	bei Senkbrunnengründung:
für 1 <sup>ebm</sup> . . . . .	zwischen 105 u. 197 Mark;	zwischen 82 u. 125 Mark;
» 1 <sup>qm</sup> Sohlenfläche . . . . .	zwischen 327 u. 480 Mark;	zwischen 254 u. 859 Mark;
» 1 <sup>qm</sup> des reinen Mauerwerkes	zwischen 447 u. 685 Mark;	zwischen 308 u. 1002 Mark.

(Siehe auch: BRENNER, L. Ueber die Beurtheilung des Werthes und die Wahl der Gründungsart. *Deutsche Bauz.* 1887, S. 412.)