



UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Konstruktions-Elemente in Stein, Holz und Eisen, Fundamente

Marx, Erwin

Stuttgart, 1901

3. Abschnitt: Versenkte Fundamente.

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

3. Abschnitt.

Verfenkte Fundamente.

Liegt die tragfähige Bodenschicht in so bedeutender Tiefe, daß sie mit den im vorhergehenden Abschnitt bezeichneten Mitteln nicht erreicht werden kann, oder ist der vorhandene Baugrund so locker und nachgiebig, daß man mit Hilfe von Sand-, Beton- oder Schwellroßfundamenten ein Bauwerk mit Sicherheit darauf nicht errichten kann, so wendet man verfenkte Fundamente an.

451.
 Vor-
 bemerkungen.

Wie schon in Art. 389 (S. 316) gefagt wurde, unterscheiden sich die verfenkten Fundamente von den aufgebauten wesentlich dadurch, daß sie nicht von unten nach oben, sondern von oben nach unten hergestellt werden. Bei diesem Gründungs-

verfahren wird die lockere, nicht tragfähige Bodenschicht gar nicht oder nur zum geringen Teile abgegraben und die Gründung durch diese Schicht hindurch vorgenommen. Hierbei werden entweder:

1) die Hauptkonstruktionsteile des Fundaments (die Pfähle) durch die lockere Schicht eingetrieben, bzw. eingedreht, oder

2) unter dem fertigen Fundamentkörper wird das lockere Bodenmaterial weggenommen und dieser dadurch allmählich in den Boden eingefenkt.

Im ersteren Falle handelt es sich um Pfahlgründungen, im letzteren um Gründungen auf Senkbrunnen, auf Senkröhren und auf Caiffons. Bezüglich der Pfahlgründungen kommen hauptsächlich die sog. Pfahlroste in Betracht, bei denen hölzerne Rundpfähle die Fundamentstützen des Bauwerkes bilden.

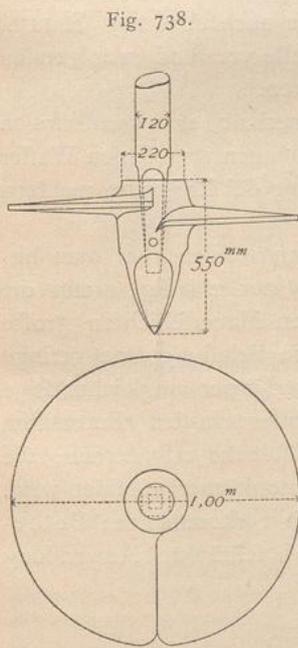


Fig. 738.
 Schraubenpfahl
 von einem Kranfchuppen
 zu Bremen (System *Neukirch*).
 1/25 w. Gr.

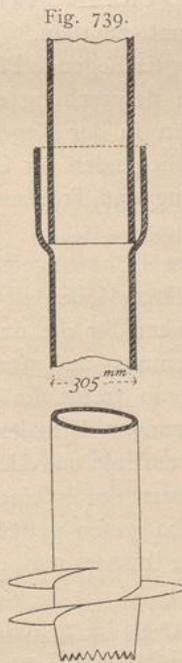


Fig. 739.
 Schraubenpfahl
 vom *Promenade-Pier*
 zu Skegness.

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 Pfählen²⁵³⁾ 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 Pfahllänge 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.

²⁵³⁾ 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.

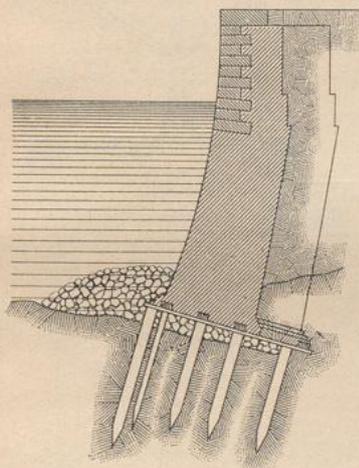
a) Rostpfähle.

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 Bodenmaterial²⁵⁴).

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) vorgewiesenen 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 Gründungsverfahren²⁵⁵) 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.

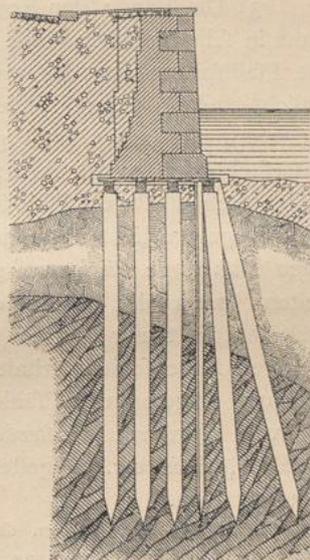
2) Die Pfähle werden auf Knickfestigkeit beansprucht; deshalb ist es am vorteilhaftesten, wenn die Achse der Pfähle in der Richtung des auf sie wirkenden Druckes gelegen ist. Da nun bei den meisten Hochbauten im wesentlichen nur

²⁵⁴) 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.

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

454-
Wirksamkeit
der
Pfähle.

Fig. 741.



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

455-
Richtung
der
Pfähle.

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).

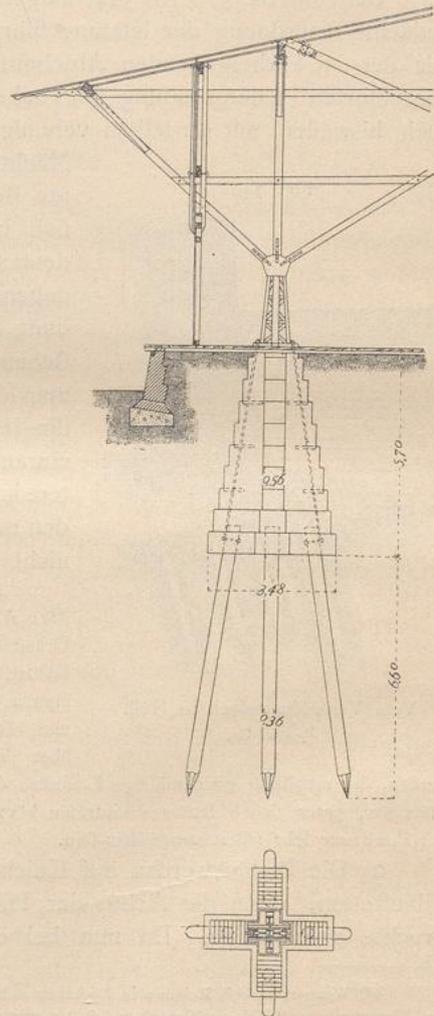
3) Die Länge der Rostpfähle läßt sich dann in sehr einfacher Weise bestimmen, wenn die Pfahlspitzen auf der tragfähigen Bodenschicht stehen sollen. Die Tiefenlage der letzteren, die man durch geeignete Bodenuntersuchungen (vergl. Art. 349, S. 290) feststellen muß, ist für die Pfahllänge maßgebend.

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*²⁵⁶⁾, *Weisbach*²⁵⁷⁾, *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) insofern 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.

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

²⁵⁷⁾ 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 Rammhämern, 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 Pfahles²⁵⁸⁾. 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 zulässig²⁵⁹⁾.

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

²⁵⁹⁾ 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.

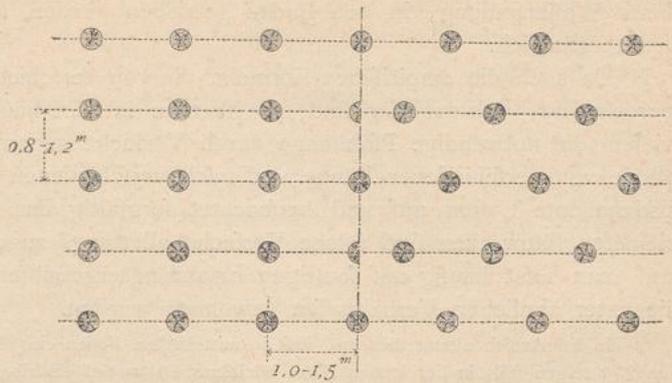


Fig. 744.

Fig. 746.

Fig. 747.

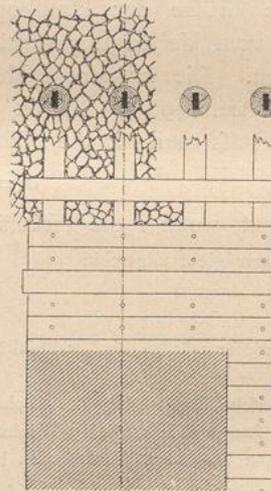


Fig. 745.

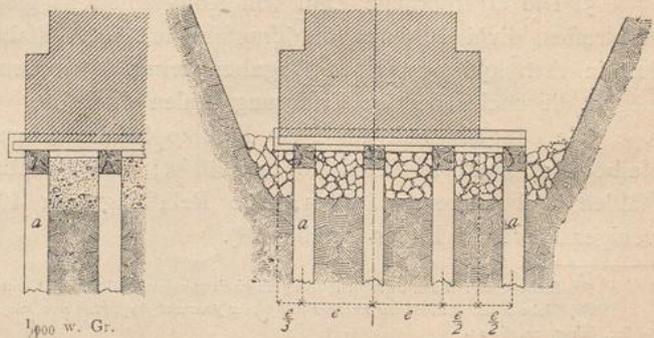
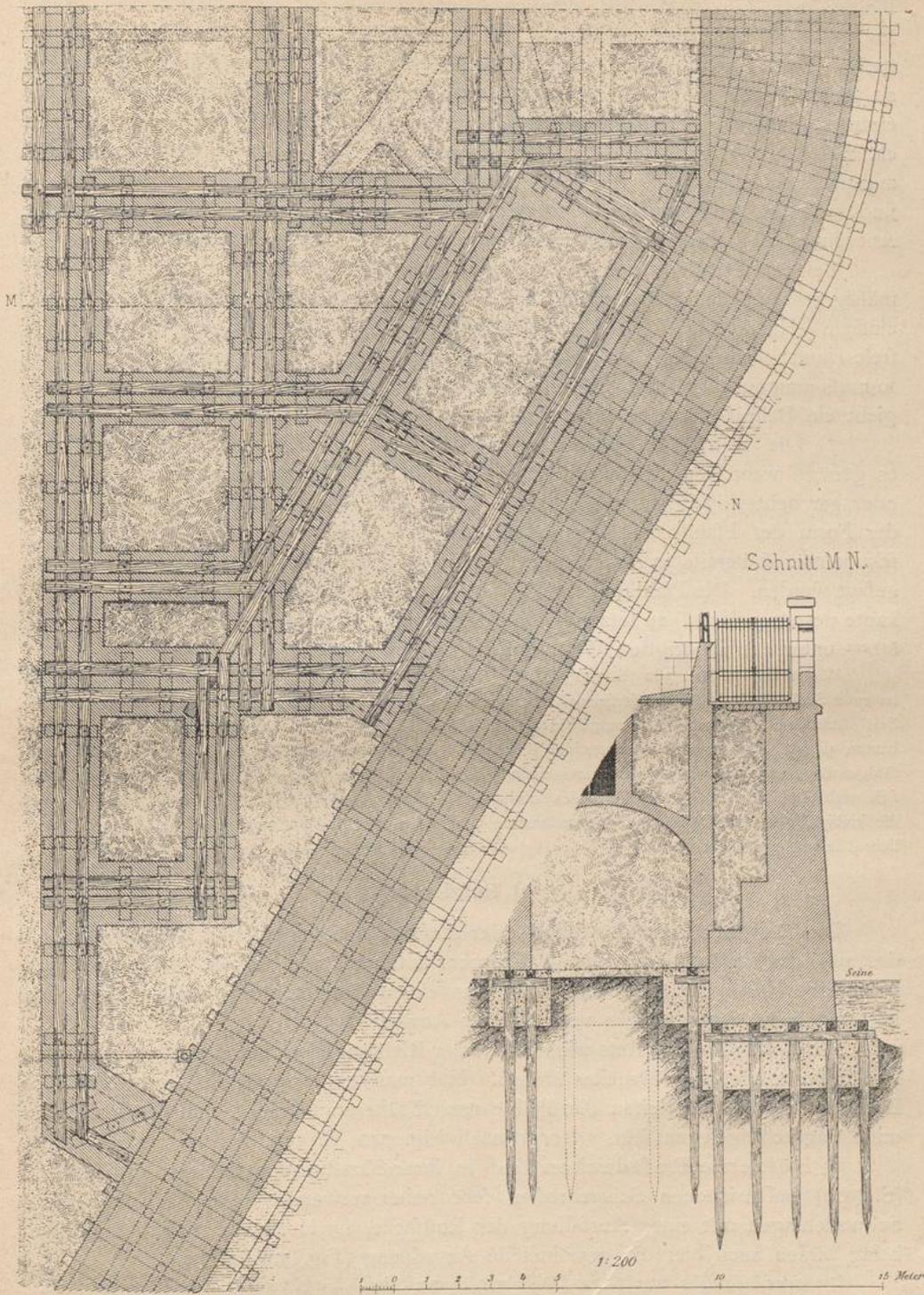


Fig. 748.



Fundamentplan des Leichenschauhauses zu Paris. — Südliche Hälfte ²⁶⁰⁾.

²⁶⁰⁾ 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 Schwellrosten sehr nahe verwandt. Zwei sich kreuzende Schwellenlagen mit einer Ausfüllung der Rostfache, 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 abgefehlten 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.

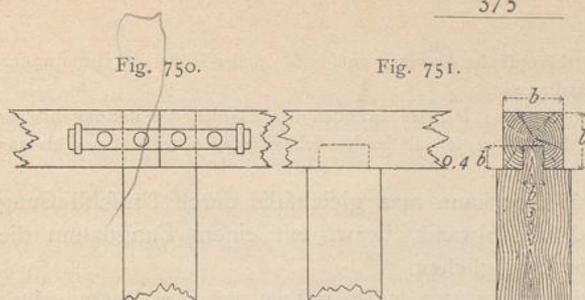


Vom
Leichen-
schauhaus
zu
Paris 260).
1/50 w. Gr.

46r.
Pfähle.

462.
Hölzerne
Rostdecken.

463.
Lang- und
Querschwellen.

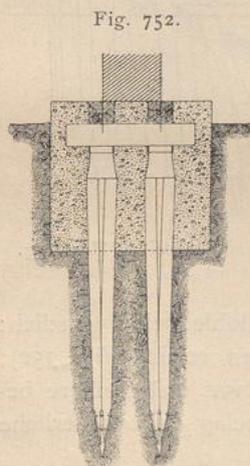


alsdann von oben Keile in die Hirnenden der Zapfen ein; eine solche Anordnung ist zwecklos und kostspielig, daher nicht zu empfehlen.

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 gefast 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 Paris²⁶⁰). — 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 gefast und damit verbolzt wurden.

Die Bettung oder die Ausfüllung der Rostfäche, welche auch hier aus Sand, Mauerzuschutt, 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.

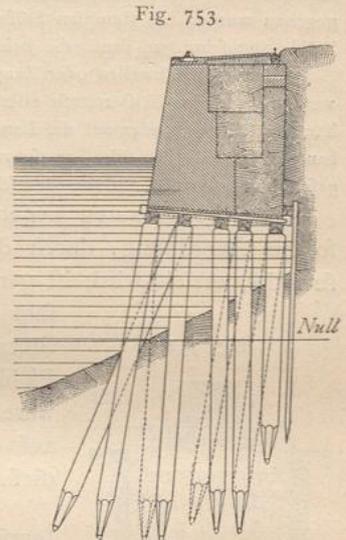
466.
Hochliegende
Pfahlroste.

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.

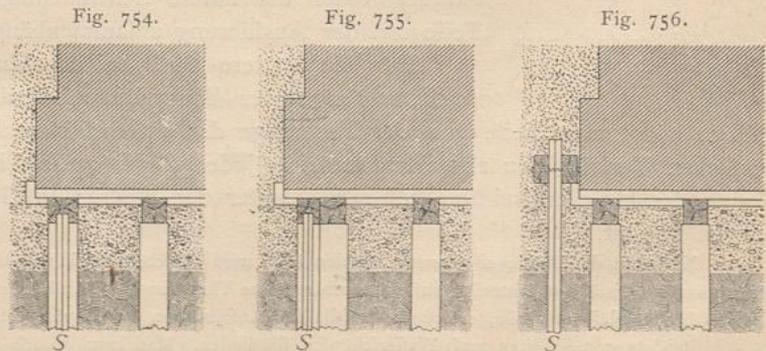
Der Bohlenbelag wird hier ebenso wie beim Schwellrost ausgeführt; seine Dicke, sowie auch die Abmessungen der Schwellen sind wie bei letzterem zu wählen. Die Anordnung der Schwellenlagen und des Bohlenbelages an Mauerecken und Mauerdurchkreuzungen findet gleichfalls wie bei den Schwellrosten statt (vergl. 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.



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

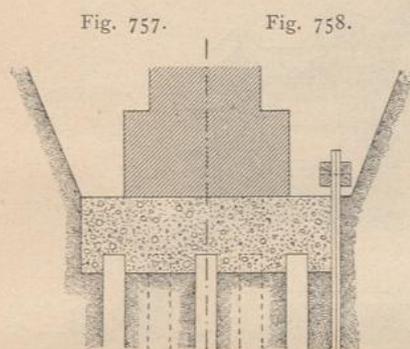


Anordnung von Spundwänden bei Pfahlrosten. — 1/100 w. Gr.

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 Reichstaghause in Berlin²⁶¹⁾ 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 eingreifen²⁶²⁾. — Ueber die Kosten dieser Gründung, insbesondere auch im Vergleich zur gewöhnlichen Betongründung (siehe den unten²⁶¹⁾ 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 Bandeisenlagen verstärkt²⁶³⁾.

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.

²⁶¹⁾ Siehe Art. 380 (S. 309).

²⁶²⁾ Nach: Centralbl. d. Bauverw. 1885, S. 25.

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

469.
Beton-
pfahlroste.

470.
Stärke
der
Betondecke.

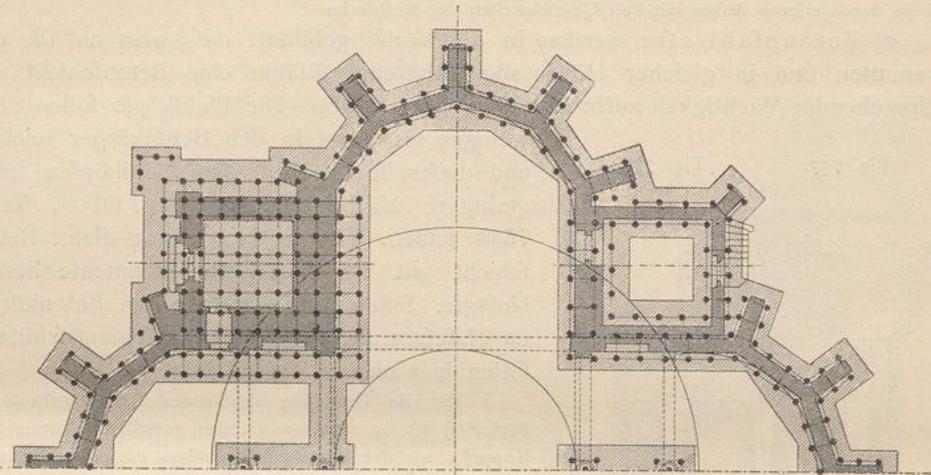
Allerdings liegt ein solcher Zustand nur dann vor, wenn etwa durch Wasseradern an der Betonunterfläche die Berührung zwischen Beton und Erde unterbrochen werden oder letztere dem Zusammenpressen viel weniger Widerstand entgegenzusetzen sollte, als die Pfähle selbst.

Für Beanspruchung auf Biegung ist die Gleichung²⁶⁴⁾

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

in Anwendung zu bringen, worin $\frac{\gamma}{a}$ das sog. Widerstandsmoment ist, γ 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 Badenweiler²⁶³⁾.

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 Breite²⁶⁵⁾

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

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 qcm²⁶⁶⁾ 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 Flächeneinheit²⁶⁷⁾

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

²⁶⁴⁾ 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).

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

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

²⁶⁷⁾ 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 Relation²⁶⁸⁾

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

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

$$T = 2,6 \text{ kg für 1 qcm.}$$

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.

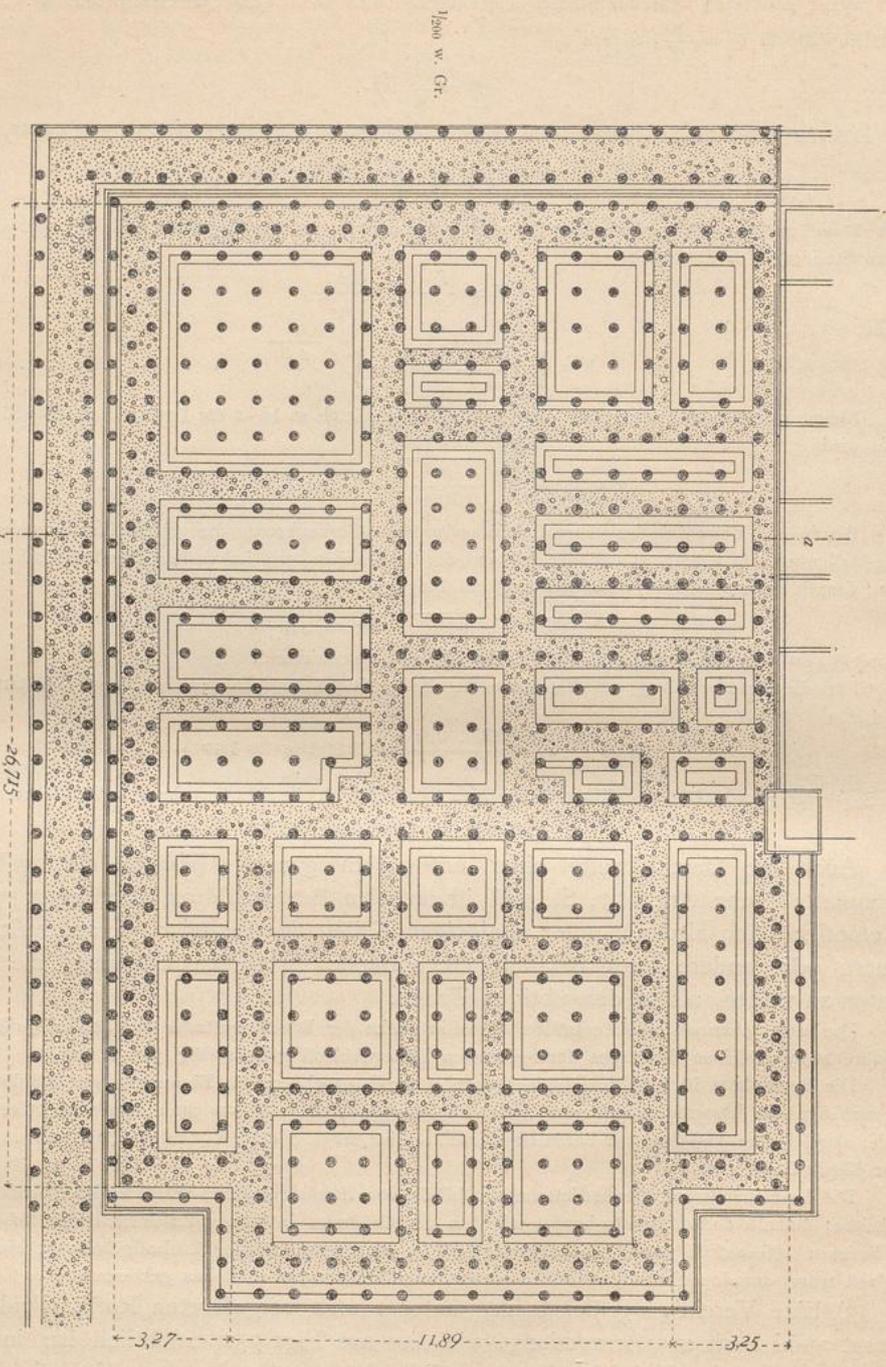
3) Eine Vereinigung der beiden unter 1 u. 2 vorggeführten Rostkonstruktionen kommt wohl auch zur Anwendung, wie dies aus Fig. 752 ersichtlich ist; indes ist das Hinzufügen der Holzschwellen zum Betonkörper nur dann gerechtfertigt, wenn der letztere nicht fest genug ist, um die erforderliche Längs- und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

²⁶⁸⁾ 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 289.

Siehe den Querschnitt in Fig. 755.

Gründungsverfahren ist²⁷⁰⁾. 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^m und mehr Pfahlänge gegangen; indes sollte man 12, höchstens 15^m nicht leicht überschreiten; bei größerer Gründungstiefe kommt in vielen Fällen die Gründung mit anderweitigen versenkten Fundamenten billiger zu stehen²⁷¹⁾. 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, Aldborough, 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.

²⁷⁰⁾ 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^m Mächtigkeit haben sich vorzüglich bewährt.

²⁷¹⁾ Nach einer von *Funk* gemachten Zusammenstellung, welche sich auf ca. 50 neuere Brückengründungen erstreckt, ergeben sich die durchschnittlichen Kosten von 1^{ebm} 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 ^{ebm}	zwischen 105 u. 197 Mark;	zwischen 82 u. 125 Mark;
» 1 ^{qm} Sohlenfläche	zwischen 327 u. 480 Mark;	zwischen 254 u. 859 Mark;
» 1 ^{qm} des reinen Mauerwerkes	zwischen 447 u. 685 Mark;	zwischen 308 u. 1002 Mark.

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

2. Kapitel.

Senkbrunnengründung.

Die Gründung auf Senkbrunnen ist grundsätzlich nichts anderes, als die Gründung auf einzelnen Fundamentpfeilern, wie solche in Art. 411 bis 416 (S. 334 bis 338) vorgeführt wurde. Auch hier werden Pfeiler auf die tragfähige Bodenschicht gesetzt und im oberen Teile durch geeignete Konstruktionen miteinander verbunden; auf dem so gebildeten Unterbau kann alsdann das aufgehende oder Tagmauerwerk aufgeführt werden.

474.
Uebersicht.

Der einzige Unterschied zwischen der Pfeiler- und Brunnengründung liegt in der Art und Weise der Pfeilerherstellung. Bei der früher beschriebenen Pfeilergründung mußte die nicht tragfähige Bodenschicht abgegraben werden, und auf der Sohle der so gebildeten Baugrube wurde der Pfeiler massiv aufgemauert. Im vorliegenden Falle jedoch sind die Fundamentpfeiler durch die lockere Bodenschicht hinabzusenken und werden infolgedessen zunächst hohl oder brunnenartig ausgeführt. Im Hohlraume des Pfeilers wird mittels Handarbeit oder mit Hilfe mechanischer Vorrichtungen unter dem Brunnenmantel allmählich das lockere Bodenmaterial entfernt und auf diese Weise der Brunnen zum Sinken gebracht. Ist die Senkung bis auf die erforderliche Tiefe vollzogen, so wird der Brunnen mit geeignetem Material ausgefüllt und hierdurch in einen massiven Fundamentpfeiler verwandelt.

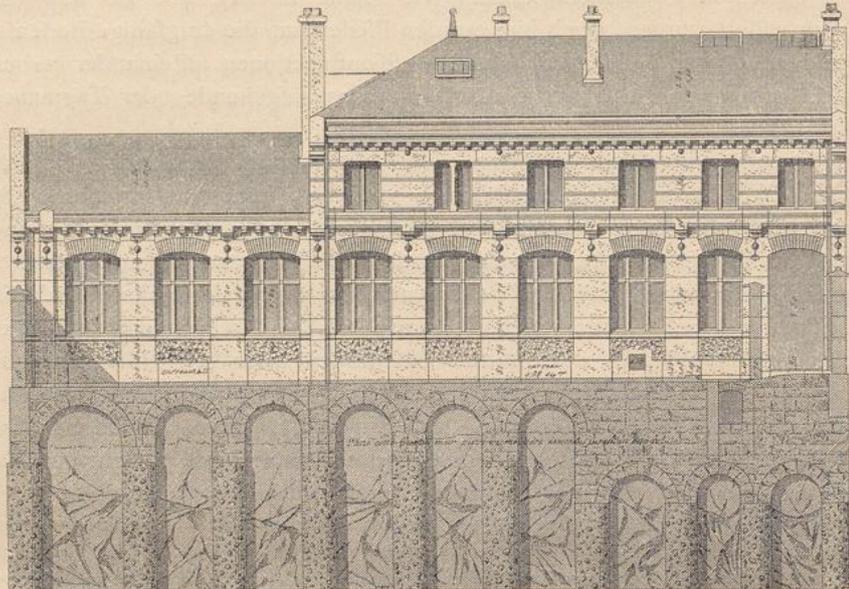
Die innige Verwandtschaft zwischen der gewöhnlichen Pfeiler- und der Senkbrunnengründung zeigt sich auch in der Thatfache, daß nicht selten bei einem und demselben Gebäude ein Teil der Fundamentpfeiler innerhalb ausgeschachteter Baugruben massiv aufgemauert, ein anderer aber brunnenartig versenkt wird; in der Regel sind hierbei die Gründungstiefe und der geringere oder stärkere Wasserandrang maßgebend. — An der Baustelle der neuen Lokomotiv-Reparaturwerkstätte auf dem Bahnhofe zu Genthin fand sich eine nach Süden ausgehende Torfschicht, welche an der nordöstlichen Ecke des Gebäudes am mächtigsten war und dort 6 m Tiefe besaß; die Werkstätte wurde auf Pfeilern aufgeführt, welche durch Grundbogen verbunden waren; 16 Pfeiler konnten in gewöhnlicher Weise auf dem unter dem Torf anstehenden Sande hergestellt werden; bei den übrigen 24 Pfeilern war die zu durchdringende Torfschicht zu mächtig und der Wasserzudrang zu stark, so daß Brunnenpfeiler versenkt wurden.

In Art. 414 (S. 337) wurde bereits gesagt, daß unter gewöhnlichen Verhältnissen Senkbrunnen, die wohl auch Fundamentbrunnen, Senkschächte, Brunnenpfeiler etc. genannt werden, bei etwa 5 bis 6 m Tiefe billiger, als gewöhnliche Fundamentpfeiler zu stehen kommen. Bei noch größerer Gründungstiefe verursacht die Ausschachtung, erforderlichenfalls auch die Zimmerung der Baugrube, sowie die Wasserhaltung derselben zu bedeutende Kosten. Die Verhältnisse gestalten sich für die Brunnengründung noch günstiger, wenn der Wasserzudrang ein besonders starker oder die zu durchdringende, nicht tragfähige Bodenschicht besonders locker ist, so daß die Baugrubenzimmerung sehr kräftig ausgeführt werden mußte.

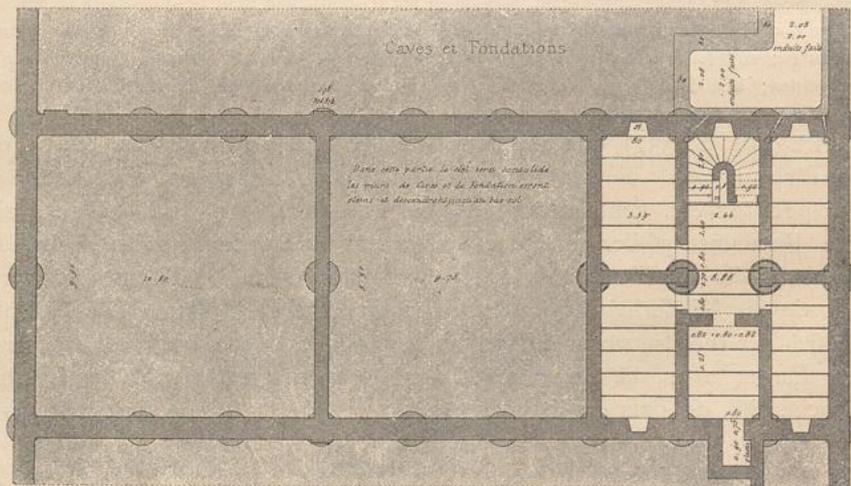
Die Gründung auf Senkbrunnen tritt auch nicht selten an die Stelle der Pfahlrostgründung; dies wird besonders dann geschehen, wenn sehr leicht beweglicher Boden vorhanden ist, worin die Pfähle keinen genügend sicheren Halt bekommen. Allein auch in anderen Fällen wird man Senkbrunnen vorziehen, weil sie häufig billiger sind als Pfahlroste (vergl. die Kostenangaben in der Fußnote 271, S. 382), weil man von der Höhenlage des Wasserspiegels unabhängig ist und weil schädliche Erschütterungen, die durch das Einrammen von Pfählen erzeugt werden, vermieden sind.

Die Gründung auf Brunnenpfeilern ist seit vielen Jahrhunderten im Orient, insbesondere in Indien, im Gebrauche. Ein arabischer Schriftsteller, der Aegypten im Jahre 1161 durchreiste, beschreibt schon diese Gründungsweise. Der Sand- und Thonboden Indiens ist so beweglich, daß Pfahlroste ohne Wirksamkeit sind; auch ist die Ramme für Indien eine zu verwickelte Maschine. Dagegen ist die Brunnengründung

Fig. 762.



Anficht.



Fundamentplan.

Schulhäufergruppe für Knaben zu Paris, *Rue Baudricourt*²⁷²⁾. — $\frac{1}{250}$ w. Gr.

für die dortigen Baugrundverhältnisse und die Baustoffe, die zur Verfügung stehen, ganz geeignet. Dazu kommt eine Religion, welche die großen Ströme vergöttert, die Erbauung von Tempeln an ihren Ufern begünstigt, und deren Zeremonien zum Teil im Flussbett selbst gehalten werden; man war daher genötigt, ein Mittel zu finden, um auf beweglichem Boden sichere Fundamente zu errichten.

²⁷²⁾ Fakt.-Repr. nach: *Moniteur des arch.* 1875, Pl. 21.

alsdann werden auf Grundlage der Fenster- und Thüreinteilung weitere Zwischenbrunnen eingeschaltet, wobei namentlich darauf zu sehen ist, dass die Hauptfensterschäfte, sowie Konstruktionsteile, die eine besonders starke Belastung erfahren, auf einen Brunnen zu stehen kommen.

Fig. 762 zeigt die Anordnung von Brunnenpfeilern für einen regelmässig gestalteten Grundriss; in Fig. 763 u. 764 ist der Fundamentplan eines auf unregelmässig geformter Baufläche ausgeführten Doppelhauses dargestellt.

476.
Querschnitt.

In gleicher Weise, wie gewöhnliche Fundamentpfeiler, müssen auch die Brunnenpfeiler einen so grossen wagrechten Querschnitt erhalten, dass sie den vom darauf ruhenden Baukörper ausgeübten Druck aufzunehmen und auf den Baugrund in geeigneter Weise zu übertragen im stande sind. Unter gewöhnlichen Verhältnissen ergibt sich die Entfernung der Brunnen (von Mitte zu Mitte) mit 3 bis 4 m, ihr

Fig. 765.

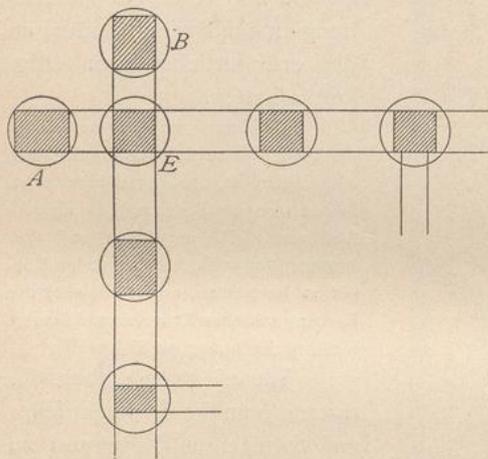
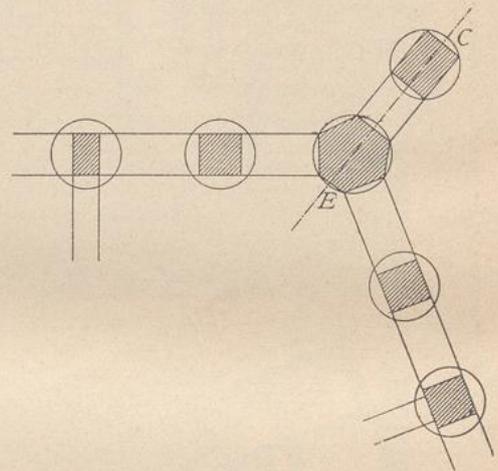


Fig. 766.



1/200 w. Gr.

äusserer Durchmesser mit 1,50 bis 2,00 m; nur bei sehr ungünstigen Druck- und Baugrundverhältnissen wird der Abstand zweier Brunnen kleiner als 3,00 m und der Durchmesser derselben grösser als 2,25 m genommen. Stehen die Brunnen sehr nahe aneinander und ist die Gründungstiefe keine grosse, so wendet man wohl auch nur Brunnen von 1,50 m oder noch kleinerem Durchmesser an.

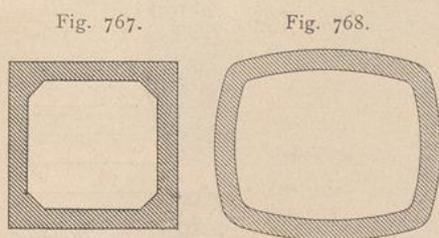
Mit den Querschnittsabmessungen der Brunnenpfeiler unter ein gewisses kleinstes Mass herabzugehen, ist nicht statthaft, weil einerseits die Dicke des auf die Brunnen zu setzenden Mauerwerkes in dieser Beziehung eine Grenze setzt; andererseits muss der lichte Durchmesser des Brunnens so gross sein, dass die zu seiner Senkung erforderlichen Handhabungen im Hohlraum desselben vorgenommen werden können. Sollen die letzteren durch Menschenhand bewirkt werden, so ist ein lichter Durchmesser von mindestens 0,90 bis 1,00 m erforderlich.

477.
Eckbrunnen.

An die Ecken der Gebäude legt man häufig etwas stärkere Brunnenpfeiler. Wenn jedoch die Gebäudeecken besonders gefährdet sind, wenn die unter dieselben gesetzten Brunnen von den Gurtbögen, welche sie mit den benachbarten Brunnen verbinden, oder von Gewölbkonstruktionen über den Fundamenten einen sehr starken Seitenschub erfahren, und wenn der mit den Brunnen durchfahrene Boden leicht zur Seite ausweicht, so werden die Eckbrunnen noch durch Hilfsbrunnen abgesteift. Man ordnet entweder in der Verlängerung beider die Ecke E (Fig. 765)

bildenden Mauern je einen solchen Hilfsbrunnen *A*, *B* an, oder man fenkt in der Halbierungslinie des Winkels, den die beiden Mauern bei *E* (Fig. 766) bilden, einen einzigen Hilfsbrunnen *C* ab. Von diesen Hilfsbrunnen werden alsdann Strebebogen gegen den abzusteienden Eckbrunnen *E* gelegt. Wenn erforderlich, werden auch eiserne Anker im oberen Teile der Brunnen oder zwischen den Gurtbogen eingezogen.

Man giebt bei Hochbauten den Senkbrunnen in der Regel einen kreisförmigen Querschnitt; dies ist mit Rücksicht auf die Senkung und den während derselben auf den Brunnen einwirkenden Erddruck die vorteilhafteste Grundriffsform. Indes ist



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

Brunnen hängt selbstredend von der Grundform des betreffenden Bauwerkes ab.

Bei rechteckig gestalteten Brunnen empfiehlt es sich, die Ecken besonders fest zu konstruieren, da sie beim Senken am meisten leiden. Guter Verband und schräge Ausmauerung nach Art von Fig. 767 entsprechen dem beabsichtigten Zwecke.

Hat ein größerer rechteckiger Brunnen eine geringe Mantelfärke und ist stärkerer Erddruck, bzw. Wasserdruck zu erwarten, so kann man auch nach Art von Fig. 768 die Brunnenwandungen nach aussen zu konvex gestalten und die Ecken entsprechend abrunden.

Um beim Senken der Brunnen die Reibung im Erdreich zu vermindern, ist zu empfehlen, den Durchmesser der Brunnen nach oben zu etwas abnehmen zu lassen. Dies geschieht dadurch, daß man entweder in einer Höhe von 0,50 bis



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

1,00 m über dem Brunnenkranz den Brunnenkörper etwas einzieht (nach Art von Fig. 769), oder daß man die Brunnen in ihrer ganzen Höhe schwach konisch (Verjüngungsverhältnis im Mittel 1 : 25) gestaltet.

Das Brunnenmauerwerk wird auf den sog. Brunnenkranz oder Schling aufgesetzt; derselbe bildet eine Art liegenden Rostes, welcher zugleich den Zweck zu erfüllen hat, dem Mauerwerk während des Senkens einen festen Zusammenhang zu geben. Damit beim Senken der Schling leicht in den Boden eindringe, erhält er einen keilförmigen Querschnitt (Fig. 770 u. 772); soll das Eindringen desselben besonders erleichtert werden, so wird seine Unterkante als Schneide (Fig. 771 u. 773) ausgebildet.

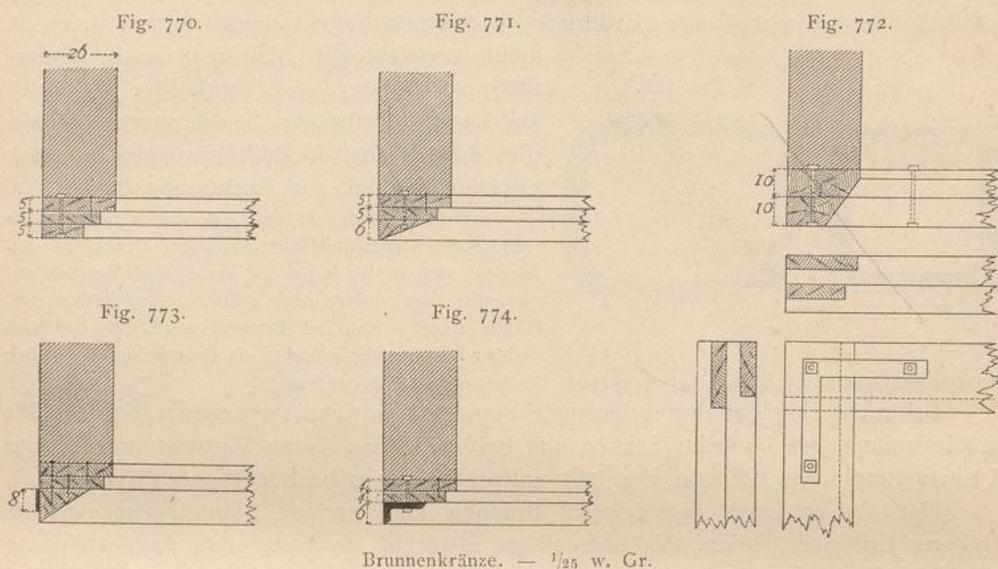
Als Material für die Brunnenkränze wird der Hauptsache nach Holz verwendet; bisweilen tritt eine Eisenverstärkung hinzu. Ganz aus Eisen hergestellte Schlinge kommen im Hochbauwesen kaum zur Anwendung.

Die Brunnenkränze bestehen meist aus 2 bis 3 Lagen 4 bis 5 cm starker Bohlen, die miteinander verbolzt und vernagelt werden. Um ein keilförmiges Profil zu erzielen, nehmen die Bohlenlagen nach unten an Breite ab (Fig. 770 u. 771); bis-

478.
Grundrifs.

479.
Brunnenkranz

weilen ist die unterste Lage dreikantig zugeschnitten (Fig. 771). Die Stöße der einzelnen Bohlenstücke sind in den zwei oder drei Lagen gegeneinander versetzt, so dass in eine lotrechte Ebene nur eine Stoßfuge zu liegen kommt (Fig. 775 u. 776). Die unterste, kantig zugeschnittene Bohlenlage erfährt beim Senken den stärksten Angriff; sie wird deshalb in manchen Fällen, namentlich wenn man befürchtet, dass man auf steinigem Boden stoßen wird, mit einem eisernen Reifen zu-



Brunnenkränze. — $\frac{1}{25}$ w. Gr.

fammgehalten und verstärkt (Fig. 773); man hat sie wohl auch durch ein entsprechend gekrümmtes Winkeleisen (am besten ungleichschenkelig mit 40×80 oder 50×75 mm Schenkellänge) ersetzt (Fig. 774).

Seltener werden Brunnenkränze aus 2 Lagen stärkerer Verbandhölzer (8 bis 10 cm dick) zusammengefetzt (Fig. 772).

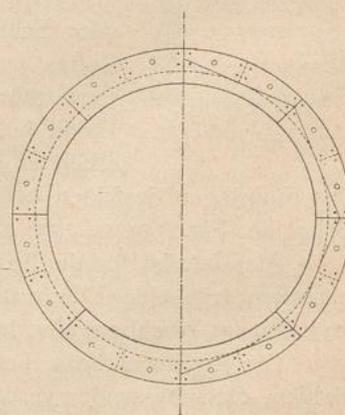
480.
Brunnen-
mantel.

Für den Brunnenmantel bilden gute und scharf gebrannte Klinker, sowie guter Zementmörtel die geeignetsten Baustoffe; Trafmörtel im vorliegenden Falle zu verwenden, ist nicht zu empfehlen, da derselbe zu langsam erhärtet. Für die im Hochbauwesen üblichen Brunnendurchmesser genügt eine Wanddicke von 1 Stein; nur bei ungewöhnlichen Abmessungen und bei sehr ungünstigen Bodenverhältnissen wendet man größere Stärken an.

Das Füllmauerwerk der Brunnen, bezw. der dieselben ausfüllende Beton kommt nur um wenig billiger zu stehen, als das Mantelmauerwerk; weiters sinkt ein Brunnen von größerer Wandstärke besser, als einer von geringerer. Deshalb sollte man in der Bemessung der fraglichen Manteldicke nicht zu sparsam sein; maßgebend ist in dieser Beziehung nur noch, dass man den Innenraum des Brunnens mit Rücksicht auf die darin vorzunehmenden Arbeiten nicht zu sehr einengen darf. (Siehe hierüber auch Art. 476, S. 386.)

Anstatt der Ziegel kann man auch Haufsteine, besonders in den höheren Schichten, verwenden. Auch

Fig. 775. Fig. 776.

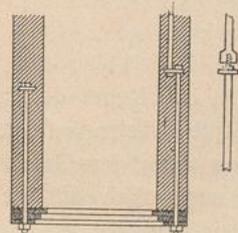


Brunnenkranz. — $\frac{1}{50}$ w. Gr.

Betonbrunnen sind wiederholt ausgeführt worden, so z. B. bei den in Fig. 763 u. 764 dargestellten Wohn- und Geschäftshäusern in Paris.

Die Außenflächen des Brunnenmauerwerkes müssen thunlichst glatt geputzt werden, damit die Reibung im Erdreich möglichst gering wird. Große Brunnen werden aus gleichem Grunde mit einem Blechmantel umgeben. Glaubt man beim Senken auf Schwierigkeiten zu stoßen, so kann man, vom Schling ausgehend, Streichbretter anbringen, zwischen denen der Brunnen ausgeführt wird. Oder man verstärkt den Brunnenkranz durch einen 1 bis 2 m hohen, falsartigen Aufsatz aus lotrechten Brettern, die durch Eisenringe und Nagelung miteinander verbunden sind.

Haben die vorher vorgenommenen Bodenuntersuchungen ergeben, daß man nicht mit genügender Sicherheit auf vollständig gleichförmiges Sinken des Brunnens zählen darf, so muß man denselben durch Verankerung gegen das Zerreißen schützen. Zu diesem Zwecke läßt man vom Brunnenkranz aus feste, lange Eisenanker durchgehen und verlegt in angemessener Höhe einen zweiten, jedoch schwächeren Kranz, über welchem die Ankerbolzen verschraubt werden; statt des zweiten Kranzes können auch größere eiserne Scheiben verlegt werden. In gleicher Weise kann die Verankerung noch weiter nach oben fortgesetzt werden (Fig. 777).



Brunnenverankerung.
1/100 w. Gr.

Für die Ausfüllung der in entsprechende Tiefe abgefenkten Brunnen kann jedes gute Steinmaterial und jeder gute hydraulische Mörtel, namentlich auch Traßmörtel, mit Vorteil benutzt werden.

Die unterste Füllschicht besteht in der Regel aus Beton; dieselbe hat den Zweck, dem Auftrieb des Wassers entgegenzuwirken und das Ausschöpfen des Brunneninnenraumes zu ermöglichen. Die geringste Mächtigkeit dieser Betonschicht läßt sich auf die in Art. 382 (S. 313) u. 425 (S. 345) angegebene Weise ermitteln. Kann der Beton 15 bis 20 Tage stehen bleiben, so kann zu seiner Bereitung Traßmörtel verwendet werden; sonst benutze man rasch erhärtenden Zementmörtel.

Ueber der so gebildeten Sohlenschicht besteht die Ausfüllung aus Bruchstein- oder Ziegelmauerwerk oder auch aus Beton. Eine Ausmauerung erfordert unter allen Umständen, daß der Brunneninnenraum wasserfrei gemacht werde; bei einer Ausbetonierung ist dies nicht unbedingt notwendig (vergl. das in Art. 430, S. 352 über die Herstellung von Betonfundamenten Gefagte). Ob man das eine oder das andere Material wählen soll, ist lediglich eine Kostenfrage. Im allgemeinen und unter gewöhnlichen Verhältnissen ist zwar der Beton teurer als Mauerwerk; allein letzteres kommt im vorliegenden Falle höher zu stehen, da das Mauern und das Hinabschaffen der Baustoffe in dem engen Brunneninnenraume kostspielig wird.

Die Vereinigung der Brunnenpfeiler durch Grundbogen geschieht in gleicher Weise, wie bei gewöhnlichen Fundamentpfeilern (vergl. Art. 412, S. 335). Im vorliegenden Falle werden fast ausschließlich halbkreisförmige Gurtbogen zur Ausführung gebracht, da die erforderliche Konstruktionshöhe wohl stets vorhanden ist und weil derlei Bogen einen geringen Horizontalschub ausüben. Um für die etwa 2 Stein starken Grundbogen ein gesichertes Widerlager zu haben, wird es bisweilen notwendig, die kreisrunde Grundrissform in die quadratische zu überführen; dies geschieht durch Auskrägung der oberen Steinscharen nach Fig. 779.

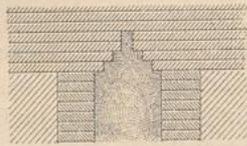
481.
Verankerung.

482.
Ausfüllung.

483.
Vereinigung
der
Brunnen-
pfeiler.

Stehen die Brunnen sehr nahe aneinander, so kann man statt der Grundbogen Steinplatten anwenden, die von Brunnen zu Brunnen gelegt werden; auch kann man durch entsprechende

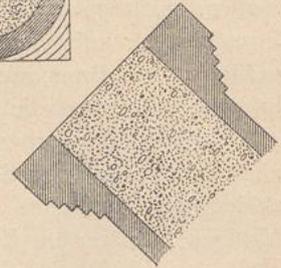
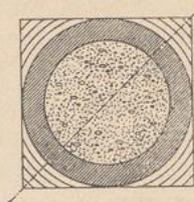
Fig. 778.



1/25 w. Gr.

Auskrägung einiger Steinscharen eine derartige Konstruktion ermöglichen (Fig. 778). Man hat auch, nachdem die oberen Steinscharen der Brunnen ausgekragt waren, über sämtliche zusammengehörige Brunnen eine Betonplatte verlegt. Sind starke Zugspannungen zu erwarten, so kann man in diese Platte eiserne I-Träger einlegen.

Fig. 779.



1/100 w. Gr.

b) Ausführung der Brunnenfeiler.

Soll ein Brunnenfeiler gefenkt werden, so beginnt man in der Regel damit, die lockere Bodenschicht so tief abzugraben, als sich dies mit Rücksicht auf die Kosten empfiehlt. Keinesfalls wird man mit dieser Ausschachtung unter den Grundwasserspiegel gehen; sonst wird für die Tiefe der Baugrube namentlich die Beschaffenheit der zu Tage liegenden Bodenschicht maßgebend sein. Ist die letztere sehr locker, so müssen die Wände der Baugrube sehr flach gehalten oder abgezimmert werden; beides erhöht die Herstellungskosten. Die Sohle der Baugrube wird unter allen Umständen wagrecht abgeebnet.

Infolge örtlicher Verhältnisse kann man veranlaßt werden, von der Herstellung einer Baugrube ganz abzusehen und mit der Senkarbeit unmittelbar an der Erdoberfläche zu beginnen. Hat die Baustelle eine geneigte Lage, so gräbt man den Boden entweder so weit ab, bis man eine wagrechte Fläche von genügender Ausdehnung hat, oder man schüttet so viel Material auf, bis man ein gleiches Ergebnis erzielt hat.

Ist die Baustelle in entsprechender Weise vorbereitet, so wird der Brunnenkranz verlegt und die Mauerung des Brunnenmantels auf solche Höhe vorgenommen, als dies einerseits noch bequem genug und ohne kostspielige Gerüste geschehen kann und andererseits das für das Senken erforderliche Gewicht es wünschenswert erscheinen läßt.

Nunmehr kann die eigentliche Senkarbeit beginnen. Dieselbe besteht darin, daß man im Innenraum des Brunnens das Bodenmaterial trichterförmig ausgräbt, bzw. in anderer Weise löst, und daß durch die Last des Brunnens dasjenige Erdreich in die hergestellte Grube nachfällt, auf dem der Brunnenmantel steht; hierbei wird die Brunnenmauerung oben im gleichen Maße erhöht, als der Brunnen in den Boden einsinkt. Je gleichmäßiger der Boden gelöst wird, desto gleichförmiger sinkt der Brunnen. Man vermeide, so weit als irgend möglich, plötzliches oder stoßweises Sinken, weil dies das Reißen des Brunnenmauerwerkes, das Schiefstellen des Brunnens und sonstige Mißstände herbeiführen kann. Infolgedessen wird es sich empfehlen, die Lösung des Bodens mit großer Vorsicht vorzunehmen und nicht zu große Massen desselben auf einmal hervorzuholen.

Tritt ungeachtet aller Vorsicht das Schiefstellen des Brunnens ein, so müssen schleunigst an der der größeren Senkung entgegengesetzten Seite die Bodenmassen

484.
Anfangs-
arbeiten.

485.
Senkung.

entfernt werden, damit der Brunnen an dieser Stelle nachsinkt und sich wieder gerade richtet.

Anfangs sinkt der Brunnen nur infolge seines Eigengewichtes ein. Indes erreicht man bald einen Zustand, wobei der Brunnen nicht mehr sinkt, obwohl die Lösung und Beseitigung des Bodens in genügender Weise vorgeschritten ist. Es entstehen hohle Räume unter dem Brunnenkranz, und man darf die Löfearbeit nicht weiter fortsetzen, weil sonst das plötzliche Sinken oder gar das Abreißen des Brunnenmauerwerkes eintreten könnte.

486.
Belastung.

Das weitere Sinken des Brunnens muß durch künstliche Belastung deselben geschehen. Man bringt auf das Brunnenmauerwerk oder auf quer darüber gelegte Bohlen schwere Gegenstände, wie große Steine, Eisenschienen, Bleibarren, wohl auch Backsteine, die später vermauert werden sollen, oder Tonnen, in die man die gelösten Bodenmassen schüttet, Arbeitsgerüst etc.

Die Lösung des Bodens kann entweder durch Ausgraben deselben im Trockenen oder unter Wasser geschehen. Im ersteren Falle wird die Grabearbeit durch Menschenhand unter steter Wasserhaltung vorgenommen; im letzteren Falle sind mechanische Vorrichtungen für die Löfearbeit erforderlich, die meist gleichfalls durch Menschen gehandhabt werden, für welche aber auch andere Motoren Verwendung finden können.

487.
Lösung des
Bodens.

Das unmittelbare Ausgraben des Bodens durch Arbeiter im wasserfrei gehaltenen Brunneninnenraume ist im allgemeinen jedem anderen Senkverfahren vorzuziehen, da man den Verlauf der Senkarbeit, die Beschaffenheit des zu löfenden Bodens etc. scharf überwachen kann. Das Emporfchaffen des ausgegrabenen Erdreiches geschieht entweder durch Schaufelwurf, bei größerer Tiefe mit Hilfe von Zwischengerüsten, oder durch Eimer, die mittels Winden auf- und abgewunden werden.

488.
Handarbeit.

Der Hauptnachteil dieses Verfahrens ist in den bedeutenden Kosten der Wasserhaltung zu suchen; bei sehr losem Boden, bei starkem Wasserzudrang kann dieselbe entweder gar nicht oder nur mit vielen Schwierigkeiten durchführbar sein. Bei großer Wassertiefe ist auch das Eindrücken des Brunnenmauerwerkes durch den äußeren Wasserdruck zu befürchten. Häufig tritt infolgedessen an die Stelle unmittelbaren Ausgrabens des Bodens die Lösung mittels besonderer Grabevorrichtungen (Exkavationsapparate) ohne Wasserhaltung. Nachstehend sollen die wichtigeren derselben namhaft gemacht werden.

Es ist wohl auch versucht worden, die Lösung des Bodens unter Wasser durch Taucher bewirken zu lassen; die Ergebnisse dieses Verfahrens waren indes nicht so günstig, daß es eine weitere Verbreitung gefunden hätte. Nur zum Beseitigen einzelner Hindernisse, für gewisse unter Wasser vorzunehmende Nebenarbeiten etc. werden Taucher verwendet.

In Indien bedient man sich von alters her bei Grundbauten eines Werkzeuges, das eine Schaufel mit kurzem Stiel bildet und *Tham* genannt wird. Ein Taucher steigt mit dieser Schaufel in den Brunnen hinab, lockert auf der Sohle deselben den Boden mittels seines Werkzeuges auf, füllt es mit dem gelösten Material und läßt sich mit der gefüllten Schaufel emporziehen. Derlei Taucher sind sehr geschickt und können etwa 1 Minute unter Wasser bleiben.

1) Bagger sind diejenigen Grabevorrichtungen, die im Hochbauwesen bislang am meisten zur Anwendung gekommen sind. Insbesondere sind es die durch Arbeiter zu handhabenden Stielbagger, welche den anderen Vorrichtungen vorgezogen werden. Bei diesen ist das Baggergefäß an einem langen Stiele befestigt, der weit genug nach oben reicht, um ihn dort handhaben zu können.

489.
Baggerarbeit.

Für sandigen und für schlammigen Boden eignet sich der Sackbagger oder Sackbohrer am besten (Fig. 780 u. 781).

Bei diesem besteht das Baggergefäß aus einem Sack γ von Leder oder Leinen, der an einem Bügel bb befestigt ist, dessen äußerer Rand als Schneide ausgebildet ist. Bügel und Sack sind am unteren Teile des Baggerstieles st angebracht; letzterer läuft dafelbst in einen vortretenden eisernen Dorn s aus, der von oben in den Boden gedrückt wird und den Stützpunkt bildet, um welchen Bügel und Sack gedreht werden. Zu diesem Zwecke ist am oberen Ende des Stieles ein zweiarmiger, etwa 90 cm langer Hebel h angebracht, den man mit der Hand (im Sinne der Bügelschneide) drehen kann. Bei dieser Drehung löst die schneidige Kante des Bügels eine Partie der Bodenmassen, welche in den Sack fällt. Um den gefüllten, etwa 0,03 cbm fassenden Sack heben zu können, ist am Bügel oder am unteren Teile des Stieles ein Seil a befestigt, welches über eine Rolle läuft und meist auf eine Welle aufgewunden wird (vergl. Fig. 781). Die Arbeiter, welche den Sackbohrer handhaben, stehen auf einem leichten Gerüste, welches auf dem Brunnenmantel aufruhet.

Bei Senkbrunnen von größerer Weite hat man dem Sackbagger mitunter eine etwas andere Einrichtung gegeben, die unter dem Namen Drehbagger bekannt geworden ist. Sack und Bügel werden dabei mit Kette und Winde quer durch den Brunnen gezogen, während man den Stiel durch ein Tau gegen das Hinaufdringen sichert²⁷⁶⁾.

In schwereren Bodenarten und bei größerer Tiefe reicht der Sackbohrer nicht mehr aus. In solchen Fällen erweist sich die indische Schaufel als eine ebenso zweckmäßige, wie einfache Grabevorrichtung.

Das Baggergefäß ist bei dieser Vorrichtung als Schaufel ausgebildet; sie ist nach Fig. 782 bis 784 gestaltet, etwa 70 cm lang und 60 cm breit, aus Schmiedeeisen hergestellt und mit einer scharfen, gestählten Schneide versehen. Die Verbindung des Stieles t mit der Schaufel s ist mittels eines Gelenkes bei a bewirkt.

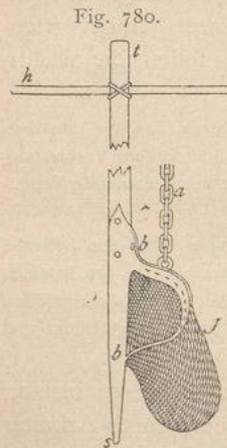


Fig. 780.
Sackbohrer.

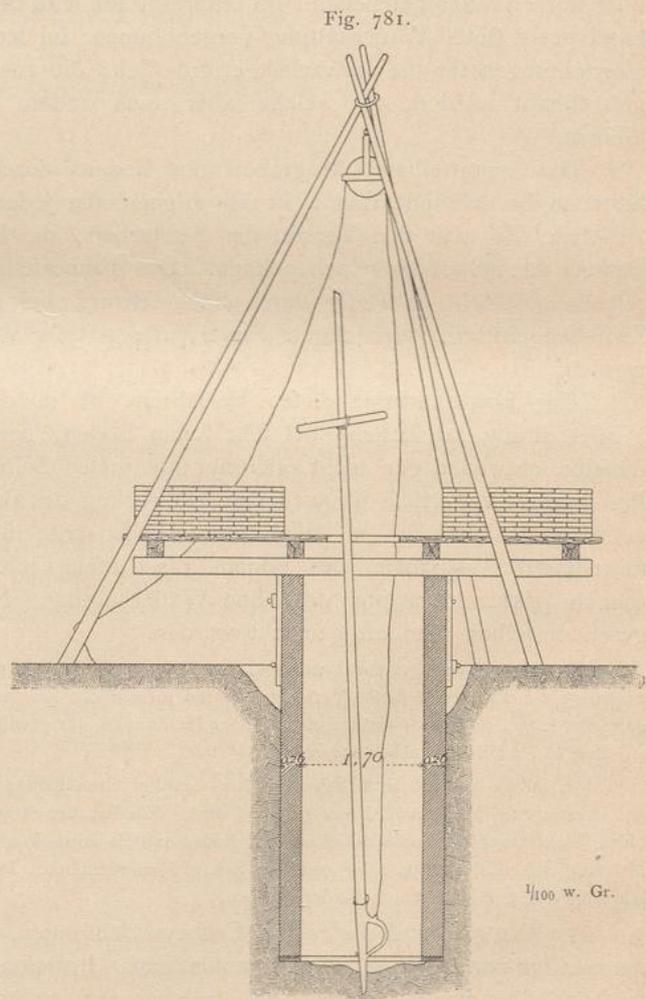


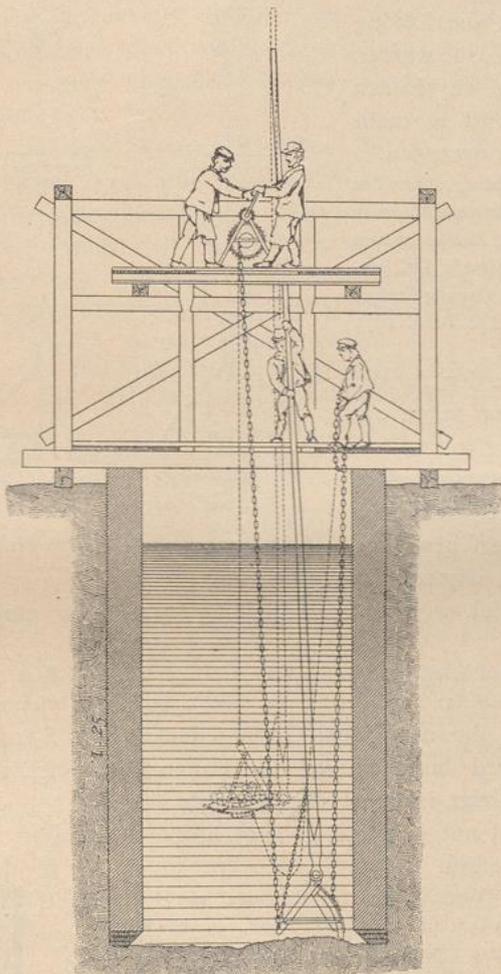
Fig. 781.
Senkung der Brunnen mittels Sackbohrer.

²⁷⁶⁾ Näheres hierüber: Deutsche Bauz. 1874, S. 243.

Wenn die Schaufel hinabgelassen wird, so muß sie lotrecht herabhängen und in dieser Lage festgestellt sein; letzteres kann in verschiedener Weise erzielt werden, in Fig. 783 z. B. durch die Strebe *c*. Die Feststellvorrichtung läßt sich von oben aus durch ein Tau *i* auslösen; die Grabarbeit wird gleichfalls von oben durch ein zweites Tau *e* oder eine Kette vorgenommen, welche über eine Winde gelegt wird.

Die bis auf die Brunnenfohle hinabgelassene Schaufel wird von 2 bis 3 Arbeitern mit Hilfe des Stieles in den Boden gedrückt; hierauf wird durch Anziehen des Seiles *i* die Feststellvorrichtung *c* ausgelöst. Während nun die Arbeiter den Stiel *t* noch niederhalten, wird das Tau *e* mittels der Winde ange-

Fig. 782.



Senkung der Brunnen mittels indischer Schaufel.

Fig. 783.

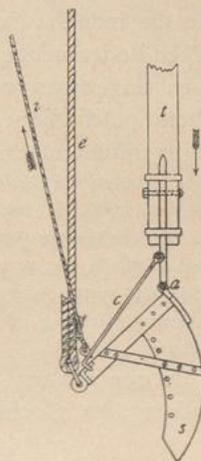
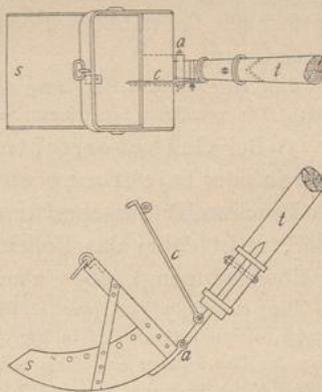


Fig. 784.



Indische Schaufel.

gezogen, wobei die Schaufel allmählich in die wagrechte Lage (Fig. 784) übergeht, etwas vom Bodenmaterial loslöst und aufnimmt. Wird alsdann das Tau *e* vollends aufgewunden, so kommt die Schaufel oben an und kann ausgeleert werden.

Die indische Schaufel erfordert 6 bis 8 Arbeiter als Bedienungsmannschaft.

In fehr grobem Kies genügt die indische Schaufel nicht mehr; besser bewährt sich in einem solchen Falle der Schraubenbagger (Fig. 785 u. 786), der sich auch so herstellen läßt, daß man ihn für weichen Boden anwenden kann.

Der Schraubebagger ist im unteren Teile wie ein schmiedeeiserner Schraubenpfahl (vergl. Art. 452, S. 368) gestaltet. Soll weicher, schlammiger Boden gelöst werden, so wird über dem obersten Schraubengang eine Hülse zur Aufnahme des gewonnenen Materials angeordnet (Fig. 785); bei kiefigem Boden krenpt man einfach die Ränder der Schraube auf (Fig. 786).

Bei weiteren Brunnen kommen statt der Stielbagger wohl auch Baggervorrichtungen mit Bodenklappen zur Anwendung. Diese bestehen aus einem trommelartigen Behälter, dessen Boden aus 4 bis 8 zentral angeordneten Klappen zusammengesetzt ist. Die lotrecht herabhängenden Bodenklappen wirken ebenso wie die indische Schaufel; hat die Lösung einer gewissen Bodenmenge stattgefunden, so werden die Klappen angezogen und dadurch der Boden des Behälters geschlossen; derselbe wird in mehr oder weniger gefülltem Zustande emporgezogen.

Hierher gehören die *Millroy'sche* Vorrichtung, über den aus: Deutsche Bauz. 1868 (S. 470) das Nähere entnommen werden kann; ferner der Exkavator von *Bruce* und *Batho*, wovon in: *Revue ind.* 1876 (S. 109 u. 110) eine eingehende Beschreibung zu finden ist; weiters eine auf demselben Grundgedanken konstruierte Grabevorrichtung, deren in: Deutsche Bauz. 1875 (S. 32) Erwähnung geschieht.

Leichtere Dampfbagger werden für die Brunnenfenkung im Hochbauwesen nur selten angewendet.

490.
Sandpumpen.

2) Sandpumpen, nach dem Grundgedanken der gewöhnlichen Kolbenpumpen eingerichtet und mit einem trommelartigen Behälter versehen, der die gehobenen Bodenmassen aufnimmt, eignen sich hauptsächlich für sandiges Bodenmaterial, welches in Begleitung von Wasser emporgefördert wird.

Eine eingehende Beschreibung der in Deutschland üblichen Sandpumpe bringt: Deutsche Bauz. 1871 (S. 109). Die von *Revue* konstruierte Sandpumpe ist in: *Engineer* 1877 (2. Sem., S. 99 u. 312) beschrieben.

491.
Sonstige
Gräbe-
vorrichtungen.

3) Bei Grabevorrichtungen, die nach dem Grundgedanken der Strahlpumpen oder Injektoren wirken, wird durch ein auf die Brunnenföhle reichendes Rohr Druckwasser eingepresst; dieses steigt in einem zweiten Rohr empor, reißt dabei das Bodenmaterial mit sich und gelangt, mit demselben vermengt, oben zum Ausfließen.

Die einfachste der hier einschlägigen Vorrichtungen ist diejenige von *Robertson*, deren unterer Teil in Fig. 787 dargestellt ist. *A* ist das Rohr, durch welches das Druckwasser eingeführt wird; letzteres steigt im Rohre *B* empor und reißt bei *M* die Bodenmassen mit sich²⁷⁷.

4) Von sonstigen Grabevorrichtungen sind noch die nach Art der Zentrifugalpumpen konstruierten und die sog. Hebevorrrichtungen zu nennen. Letztere dürften zuerst von *Leslie* angewendet worden sein²⁷⁸.

Stößt man bei den unter Wasser vorzunehmenden Senkarbeiten auf gröfsere Steine, Holzstücke oder ähnliche Hindernisse, so sind diese mit Hilfe geeigneter Vor-

Fig. 785.

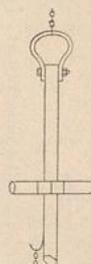
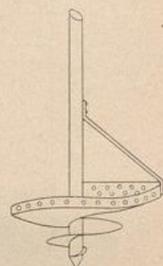
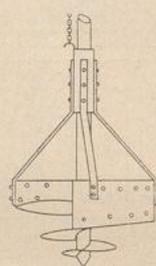
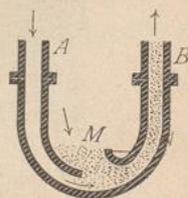


Fig. 786.



Schraubebagger. — 1/30 w. Gr.

Fig. 787.

Grabevorrichtung von
Robertson.

²⁷⁷) Näheres über diese Vorrichtung: Deutsche Bauz. 1875, S. 31. — Andere Strahlpumpen sind beschrieben in: RZIIA, F. Eisenbahn-Unter- und Oberbau, Band 2. Wien 1876. S. 38 — ferner in: Rigafche Ind.-Ztg. 1878, S. 237.

²⁷⁸) Der *Leslie'sche* Heberapparat ist beschrieben in: Deutsche Bauz. 1873, S. 84.

richtungen, wie Teufelsklauen, Steinzangen (vergl. Art. 400, S. 327) etc., zu beseitigen. Gelingt dies nicht, so muß das Entfernen durch Taucher vorgenommen werden.

Ist eine Senkbrunnengründung im offenen Wasser auszuführen, so kann man sie ähnlich, wie auf dem festen Lande vornehmen, wenn man an der Baustelle eine entsprechend große Infel schüttet, die bis über den Wasserspiegel reicht. Ist die Schüttung einer Infel, wegen zu großer Wassertiefe oder aus anderen Gründen, nicht zulässig, so hängt man den Brunnenkranz mittels Ketten an einem festen Gerüst oder an fest verankerten Schiffen auf. Ist der Schling auf der Sohle des betreffenden Wasserlaufes angekommen, so kann das Aufhängen unterbleiben.

Gegen vorhandene Strömungen sind die Brunnenpfeiler durch Steinschüttungen zu sichern.

Ist das Brunnenmauerwerk bis auf die erforderliche Tiefe verfenkt, so wird die schon gedachte Sohlenschicht aus Beton hergestellt; dieselbe muß stets unter Wasser ausgeführt werden (vergl. Art. 430, S. 352). Wenn diese Betonschicht vollständig erhärtet ist, so wird der Brunnen in der Regel ausgepumpt und mit Bruchsteinen oder guten Backsteinen ausgemauert, unter Umständen ausbetoniert; die Betonierung kann erforderlichenfalls auch unter Wasser vorgenommen werden.

Man hat die wasserdichte Sohlenschicht und die Ausfüllung des Brunnens auch noch in anderer Weise hergestellt. Sobald der Schling auf der tragfähigen Bodenschicht angekommen ist, wird ein kreisrunder, etwa 3 cm starker Boden, dessen Durchmesser der lichten Brunnenweite entspricht, in den Brunnen hinabgelassen und mit einigen großen Steinen beschwert. Alsdann werden einige Karren Mauerstutt und Mörtel in den Brunnen geworfen, wodurch alle Zwischenräume ausgefüllt werden sollen. Hierauf wird wieder eine Partie Steine hineingeworfen und wieder etwas Mörtel aufgebracht etc. Auf diese Weise wird die Ausfüllung des Brunnens bis über den Grundwasserspiegel fortgesetzt und dann erst mit der Ausmauerung begonnen. Es ist wohl ohne weiteres ersichtlich, daß dies ein höchst unvollkommenes Verfahren ist, da von einer innigen Verbindung zwischen Stein und Mörtel nicht die Rede sein kann.

492.
Gründung
im offenen
Wasser.

493.
Vollendung
der
Brunnen.

Litteratur

über »Senkbrunnengründungen«.

- Vorschlag zu einer Gebäude-Gründung in besonders ungünstigem Boden. CRELLE'S Journ. f. d. Bauk. Bd. 9, S. 203.
- KÖPCKE. Pfeilerfundirung für Eisenbahnbrücken in Indien. Zeitschr. d. Arch.- u. Ing.-Ver. zu Hannover 1864, S. 272.
- Fundirung mit Hilfe von Schächten. Zeitschr. f. Bauw. 1865, S. 352.
- Gründungen der Kunstbauten. Zeitschr. d. Arch.- u. Ing.-Ver. zu Hannover 1865, S. 278.
- SONNE. Ueber Pfeilergründung durch Verfenken von Mauerwerk. Zeitschr. d. Arch.- u. Ing.-Ver. zu Hannover 1866, S. 174.
- Maison fondée sur 42 puits en béton, rue Rochechouart, à Paris. Nouv. annales de la const.* 1871, S. 76.
- QUASSOWSKI. Ueber Fundirungen mit Senkbrunnen nebst Beschreibung einiger Fälle aus der Praxis. Zeitschr. f. Bauw. 1874, S. 297.
- HOFFMANN, C. H. Ueber Senkbrunnen und Gründungsarbeiten. Baugwks.-Zeitg. 1869, S. 74, 81.
- Le Sacré coeur de Montmartre. Fondations. La construction moderne*, Jahrg. 6, S. 58, 141, 164.
- Die Herz Jesu-Kirche auf dem Montmartre in Paris. Centralbl. d. Bauverw. 1892, S. 263, 276.
- Fondation sur terrain argileux. La semaine du bâtiment*, Jahrg. 20, S. 498.
- Senkbrunnen-Schwellkränze. Baugwks.-Zeitg. 1897, S. 946.

3. Kapitel.

Senkröhrengründung.

494.
Uebersicht.

Ebenso wie die Gründung auf Senkbrunnen zu den Pfeilergründungen gehört, sind auch die Senkröhrenfundamente unter die Pfeilerfundamente einzureihen. Auch in diesem Falle ist es lediglich die Herstellungsweise der Röhrenpfeiler, wodurch sie sich von den Brunnenpfeilern und den massiv aufgeführten Fundamentpfeilern unterscheiden.

Die Gründung auf Senkröhren ist mit der Brunnengründung insofern sehr nahe verwandt, als bei beiden die lockere, nicht tragfähige Bodenschicht nicht abgegraben wird, sondern durch letztere hindurch ein hohler Cylinder hinabgesenkt wird. Bei den Senkbrunnen wird dieser Mantel gemauert oder aus Beton hergestellt; im vorliegenden Falle sind es hölzerne, seltener eiserne Röhren oder Kasten, welche abgesenkt und hierauf, ganz ähnlich wie die Senkbrunnen, mit Beton oder Mauerwerk ausgefüllt werden.

Die Verwandtschaft zwischen Röhren- und Brunnengründung macht es erklärlich, daß bisweilen beide Gründungsverfahren bei einer und derselben Gebäudegruppe zugleich zur Anwendung kommen. Die Bauten, welche in Berlin in der Mitte der sechziger Jahre an den *Werder'schen* Mühlen ausgeführt worden sind, stehen auf einem Grundstück, welches an der Schleusenfeite folgende Bodenschichten zeigte: zunächst 3,15 m aufgeschütteter Boden, dann 2,50 m Torf, 1,60 m Schlack mit 65 cm starken Sandadern, 1,25 m Sand und dann guter Kies; nach der Mitte der Baustelle zu fand sich erst in 15 m Tiefe ein ziemlich schlechter Kiesboden. Von dem ursprünglich in Aussicht genommenen Pfahlrost mußte Abstand genommen werden, weil durch die Erschütterungen der Ramme ein benachbartes, ohnehin schon baufälliges Gebäude zu viel gelitten hätte. Zunächst entschied man sich für die Brunnengründung und senkte 1,88 m im Lichten weite Senkbrunnen 8,78 m tief hinab. Da sich jedoch diese Gründung wegen der in den unteren Torfschichten lagernden Hölzer zu schwierig zeigte, so wählte man die Kastengründung, und auch diese mußte bald aufgegeben werden, weil die Kasten schief einfanken. Infolgedessen wählte man eine Vereinigung von Kasten und Brunnen²⁷⁹).

Man hat nicht selten die Brunnen- und die Röhrengründung vollständig parallel nebeneinander gestellt, hat beide Verfahren grundsätzlich als ganz gleich bezeichnet und den Unterschied nur im Baustoff des zu versenkenden Cylinders gesucht. Indes ist diese Anschauung nicht ganz gerechtfertigt; denn bei Brunnenpfeilern dient der gemauerte Mantel mit der Ausfüllung zum Tragen des darauf gesetzten Baukörpers; bei der Röhrengründung trägt jedoch nur die Ausfüllung; der Mantel ist bloß die Hülle des Fundamentpfeilers. Man könnte diese Hülle auch als ein besonderes Verfahren der Auszimmerung der schachtartigen Baugrube betrachten, so daß von diesem Gesichtspunkte aus die Röhrenpfeiler den massiv gemauerten Fundamentpfeilern gewöhnlicher Art näher ständen, als den Brunnenpfeilern.

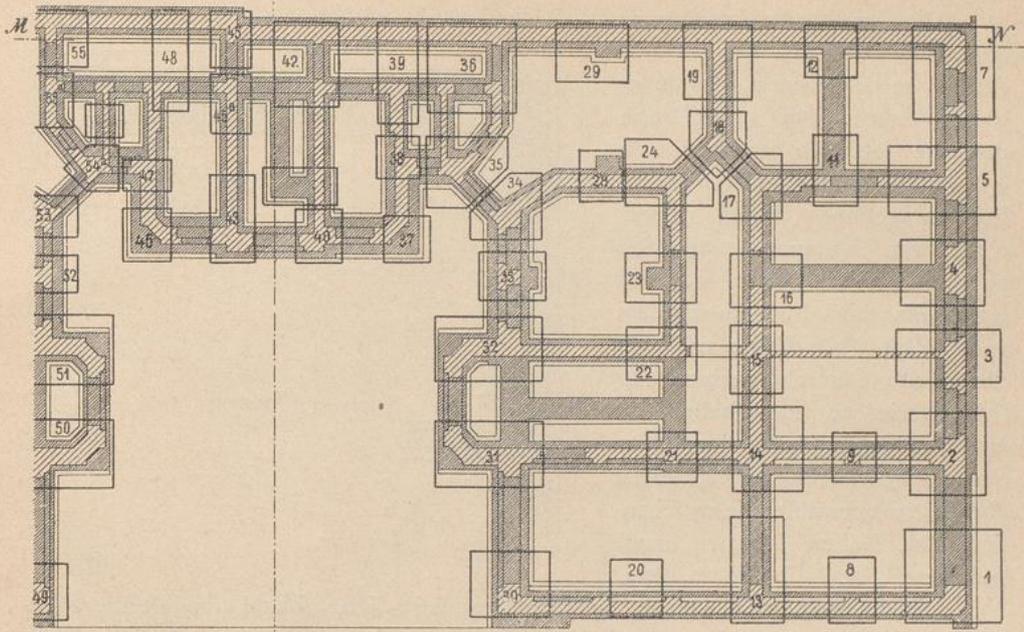
a) Hölzerne Senkröhren.

495.
Anordnung
und
Querschnitt.

Bezüglich der Zahl und der Verteilung der hölzernen Senkröhren oder, wie sie wohl in der Regel genannt werden, Senkkasten im Grundplane des zu gründenden Gebäudes gilt das bei den Senkbrunnen Gesagte (vergl. Art. 475, S. 385). Die Querschnittsform der Kasten ist dem Material entsprechend zu wählen; in folgedessen wird der Kreis, das Oval etc. auszuschließen sein, und es werden hauptsächlich rechteckig gestaltete Kasten in Anwendung kommen. Für Gebäude mit ganz regelmäßigen Grundplan (Fig. 790) werden andere, als rechteckige Querschnittsformen für die Kasten nicht erforderlich. Bei weniger regelmäßig gestaltetem Gebäudegrundriß erhalten die Kasten auch andere Querschnittsformen, wie folches aus Fig. 788, 789 u. 791 ersichtlich ist.

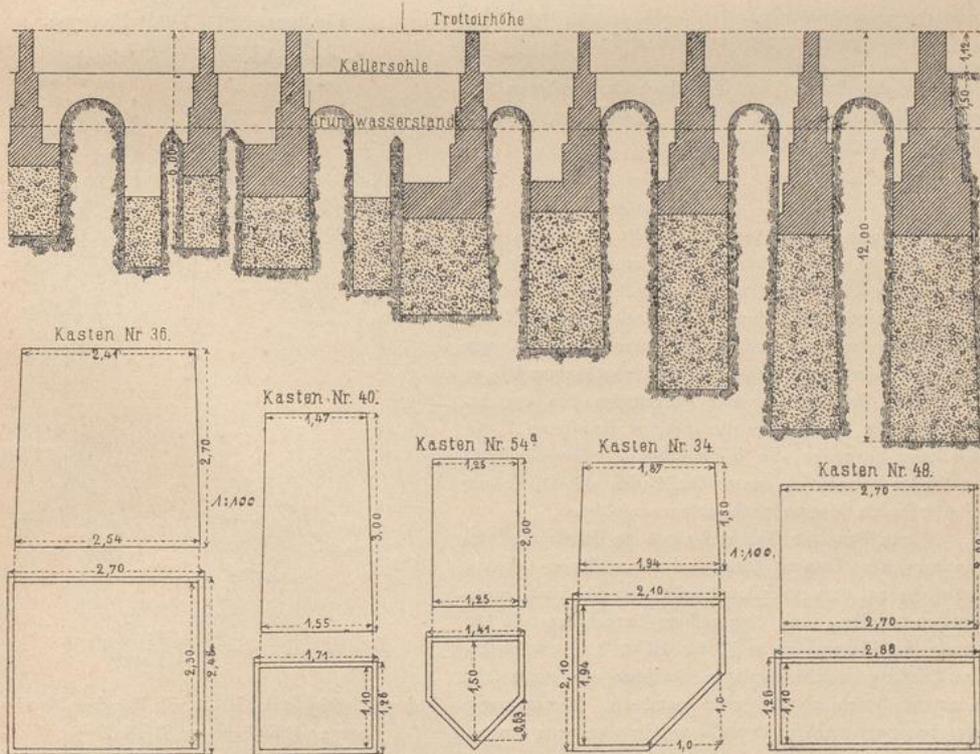
²⁷⁹⁾ Näheres hierüber in: *Zeitschr. f. Bauw.* 1865, S. 504.

Fig. 788.



Grundriß des Erdgeschosses und Fundamentplan. — 1/200 w. Gr.

Fig. 789.



Schnitt durch die Fundamente nach *MN*. — 1/100 w. Gr.

Vom Lehrerhaus beim Seminar zu Berlin.

Die Querschnittsabmessungen der Kastenpfeiler hängen ab von der Stärke der Mauern, die sie zu tragen haben, und vom Druck, den die letzteren ausüben. In ersterer Beziehung wählt man die Kastenabmessung (Breite) winkelrecht zur Längenrichtung der zu gründenden Mauern so, daß beiderseits ein Fundamentabfuß von 12 bis 25 cm Breite entsteht; die zweite Querschnittsabmessung (Länge) wird an jenen Stellen, wo zwei Mauern gegeneinander stoßen oder einander durchkreuzen, nahezu ebenso groß gewählt; die zwischenliegenden Kasten erhalten meist geringere Länge (Fig. 788 u. 790).

Die Längenabmessung der Kastenpfeiler läßt sich, sobald die Breite angenommen ist, aus der Belastung, die sie aufzunehmen haben, und aus der Tragfähigkeit des Baugrundes berechnen.

Beträgt die letztere K Tonnen für 1 qcm, die lotrechte Belastung des betreffenden Kastenpfeilers D Tonnen, so ist der Querschnitt f des letzteren bekanntlich

$$f = \frac{D}{10\,000 K} \text{ Quadr.-Met.}$$

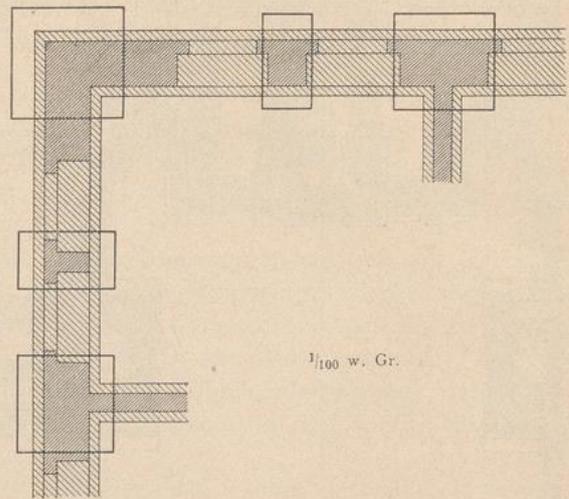
Ist die Breite b auf Grundlage der früheren Angaben (Mauerdicke plus 24 bis 50 cm) angenommen worden, so ergibt sich die Länge

$$l = \frac{f}{b}.$$

Da man beim Ausarbeiten des Entwurfes den Druck D meist von vornherein nicht kennt, so muß man zunächst für die Pfeilerlängen l eine Annahme machen. Läßt sich später, wenn der Entwurf weit genug gediehen ist, die Belastung D ermitteln, so berechnet man, wie groß bei den angenommenen Querschnittsabmessungen der Pfeiler die Belastung des Baugrundes sich ergibt. Ueberschreitet die letztere die zulässige Belastung K , so muß man entweder die Pfeilerlänge l oder die Zahl der Pfeiler vermehren, unter Umständen die Dicke der zu gründenden Mauern nach unten vergrößern.

Beim Bau der Nationalgalerie in Berlin sind im ursprünglichen Entwurf Zahl und Grundfläche der zur Gründung zu verwendenden Senkkasten so groß angenommen worden, daß eine nähere Berechnung die Belastung des Baugrundes zu 11 bis 15 kg für 1 qcm ergab, eine Pressung, welche sonstigen Erfahrungen gemäß sehr bedeutend erschien und eine namhafte Verringerung wünschenswert machte. Deshalb wurde eine neue Anord-

Fig. 790.

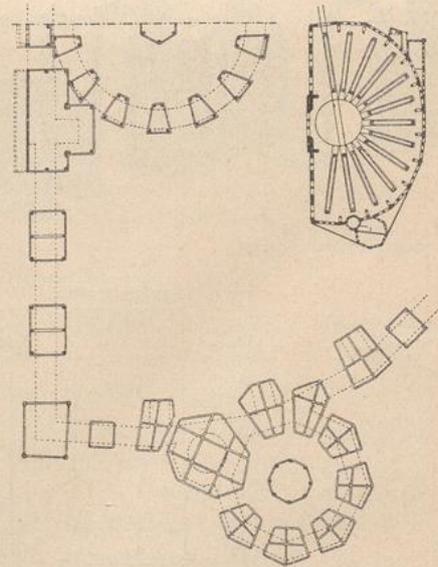


1/100 w. Gr.

Fig. 791.

Fundamentplan.
1/250 w. Gr.

Fig. 792.

Grundriß.
1/1000 w. Gr.Lokomotivschuppen der Berlin-Potsdam-Magdeburger Eisenbahn zu Berlin ²⁸⁰⁾.

280) Nach: Zeitschr. f. Bauw. 1865, Bl. T.

nung fämtlicher Senkkasten entworfen derart, daß ein ziemlich gleichmäßiger Druck von etwa nur 5,8 kg für 1 qcm hervorgebracht wurde.

Um das Senken der Kasten zu erleichtern, läßt man nicht selten den Querschnitt derselben nach oben zu abnehmen; das Verjüngungsverhältnis beträgt $\frac{1}{50}$ bis $\frac{1}{25}$ (vergl. Fig. 789).

Die hölzernen Senkröhren oder Senkkasten werden aus 4,5 bis 5,5 cm starken Bohlen zusammengesetzt, die entweder lotrecht oder wagrecht angeordnet sind; ersteres geschieht hauptsächlich bei geringen Tiefen und nicht bedeutendem Erd- drucke. Bei kleineren Pfeilern können statt der Bohlen stärkere Bretter Anwendung finden.

Kasten mit lotrecht gestellten Bohlen müssen durch wagrecht angeordnete Kränze, die aus etwa 15×15 cm starken Hölzern angefertigt werden, zusammen- gehalten und abgesteift werden. Solcher Kränze sind mindestens zwei, einer am

Fig. 793.

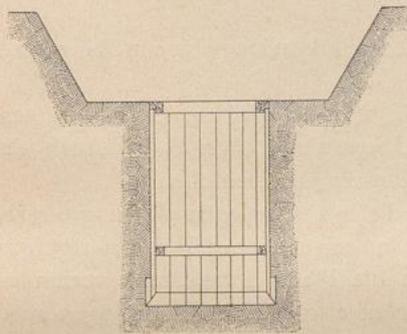
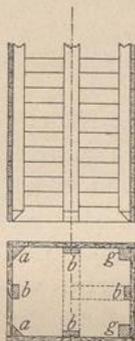
Senkröhren. — $\frac{1}{100}$ w. Gr.

Fig. 794. Fig. 795.



oberen, einer am unteren Rande der Röhre, erforderlich. Bei größerer Tiefe und stärkerem Drucke wird noch ein Zwischenkranz angeordnet, der jedoch nicht etwa in halber Höhe ange- legt, sondern tiefer nach unten gerückt wird, da dort der Druck am größten ist. Der unterste Kranz wird keilförmig zugeschärft.

Die Senkkasten des in Fig. 791 u. 792 angedeuteten Lokomotivschuppens haben die in Fig. 793 veranschaulichte Kon- struktion erhalten. Die Bohlen sind 4 cm dick, oben in den Falz eines 13×16 cm

starken Kranzes eingelassen, unten zugeschärft und außen herum mit einem gleichfalls geschärften Kranz von 5 cm starken Bohlen versehen. Etwa 80 cm über dem unteren Rande ist ein zweiter Kranz angeordnet.

Sollen die Bohlen wagrecht liegen, wie in Fig. 794 u. 795, so müssen die Ecken durch lotrecht gestellte Kreuzhölzer *a, a, g, g* von etwa 10×10 bis 12×12 cm Dicke ausgesteift werden; bei größeren Querschnittsabmessungen der Kasten werden noch Leisten *b, b* angeordnet. Die Bohlen werden derart aufge- nagelt, daß ihr Hirnholz an den Ecken wechselweise an der einen Seite frei liegt und an der anderen von einer entsprechenden Bohle bedeckt wird. Dem wechselnden Drucke entsprechend können die Bohlen im vorliegenden Falle im oberen Teile schwächer gehalten werden als im unteren. Die unterste Bohlenlage wird häufig doppelt angeordnet, um den unteren Kastenrand, der beim Senken am meisten be- ansprucht wird, zu verstärken.

Bei beiden Konstruktionen werden die Bohlen auf die Versteifungshölzer auf- genagelt; ebenso werden in beiden Fällen innerhalb der Kasten während des Senkens noch vorläufige Verstreben angebracht, welche teils aus wagrecht, teils aus schräg gestellten Spreizen gebildet sind. In Fig. 794 u. 795 sind in den Grund- rissen der Senkkasten derartige sich kreuzende Verstrebungshölzer angedeutet.

Die Senkkasten sind sofort in voller Höhe auszuführen und im Ganzen an die Baustelle zu bringen; die letztere wird hier ebenso vorbereitet, wie bei Senkbrunnen (vergl. Art. 484, S. 390). Die Senkung kann in gleicher Weise wie bei den Brunnen

496.
Konstruktion.497.
Ausführung.

vorgenommen werden; doch wird bei den Senkkäften fast ausschließlich der Sackbohrer (vergl. Art. 489, S. 392) angewendet. Die künstliche Belastung des zu senkenden Käftens darf niemals fehlen, da er selbst nur ein geringes Eigengewicht hat; sie kann bloß bei engeren Käften (Röhren) entbehrt werden, wenn man diese durch die Schläge einer Ramme zum Sinken bringt.

Beim Senken stellen sich die Käfte leicht schief, weshalb in der Regel Steifen aufgestellt werden, die das Kippen der Käfte zu verhüten haben²⁸¹⁾.

Ist die Senkung bis auf die erforderliche Tiefe vollführt, so ist das nunmehr einzuschlagende Verfahren hier daselbe, wie bei den Senkbrunnen (vergl. Art. 493, S. 395). Auch hier wird zunächst die nach unten dichtende Betonschicht hergestellt, nach Erhärtung derselben das Wasser ausgeschöpft und die Ausmauerung vorgenommen; oder der ganze Kasten wird mit Beton ausgefüllt. Letzteres wird namentlich dann vorgezogen, wenn die Käfte (Röhren) sehr eng sind oder wenn infolge bedeutenden Erddruckes eine starke Verftreibung der Käftswände vorgenommen werden mußte und infolgedessen der Innenraum des Käftens nur wenig frei ist.

Die ausgemauerten Käft Pfeiler werden bei stark nachgiebigem Baugrunde bisweilen untereinander verankert.

In einigen Fällen hat man die Käfte bloß mit Steinen ausgefüllt und ausgestampft, was sich als vollkommen ausreichend erwiesen haben soll. Auch die Ausfüllung mit scharfkörnigem, grobem Sande ist nicht ausgeschlossen.

Ueber dem Grundwasserspiegel oder, wenn dieser tief gelegen ist, in größerer Höhe wird die Mauerung der Fundamentpfeiler in gewöhnlicher Weise fortgesetzt bis zu jener Stelle, wo die Grundbögen, welche die Pfeiler miteinander verbinden sollen, anzusetzen sind. Nach Aufstellung der hierzu erforderlichen Lehrbögen wird die etwa 2 Stein starke Wölbung und hierauf die Ausmauerung der Wölbzwickel vorgenommen. Stehen die Käfte sehr nahe aneinander, so kann man die Verbindungskonstruktion auch durch Auskragen der betreffenden Steinscharen bewirken; beide Anordnungen sind in Fig. 788 u. 789 zu finden.

Die Anwendung der Senkkäftengründung ist eine beschränkte. Sie sollte nur für geringe Gründungstiefen (4, höchstens 5^m) angewendet werden, da man anderenfalls die Käfte, bezw. Röhren nicht steif genug konstruieren kann. Allein auch sonst hat sich dieses Gründungsverfahren nur wenig Eingang verschafft; sie ist hauptsächlich bloß in den älteren preussischen Provinzen im Gebrauch und wird der Brunnengründung vorgezogen, wenn der Baugrund sehr ungleichartig ist und sobald in der lockeren Bodenschicht Baumstämme oder andere Hindernisse vorhanden sind, welche die Senkung von Brunnen gefährden könnten.

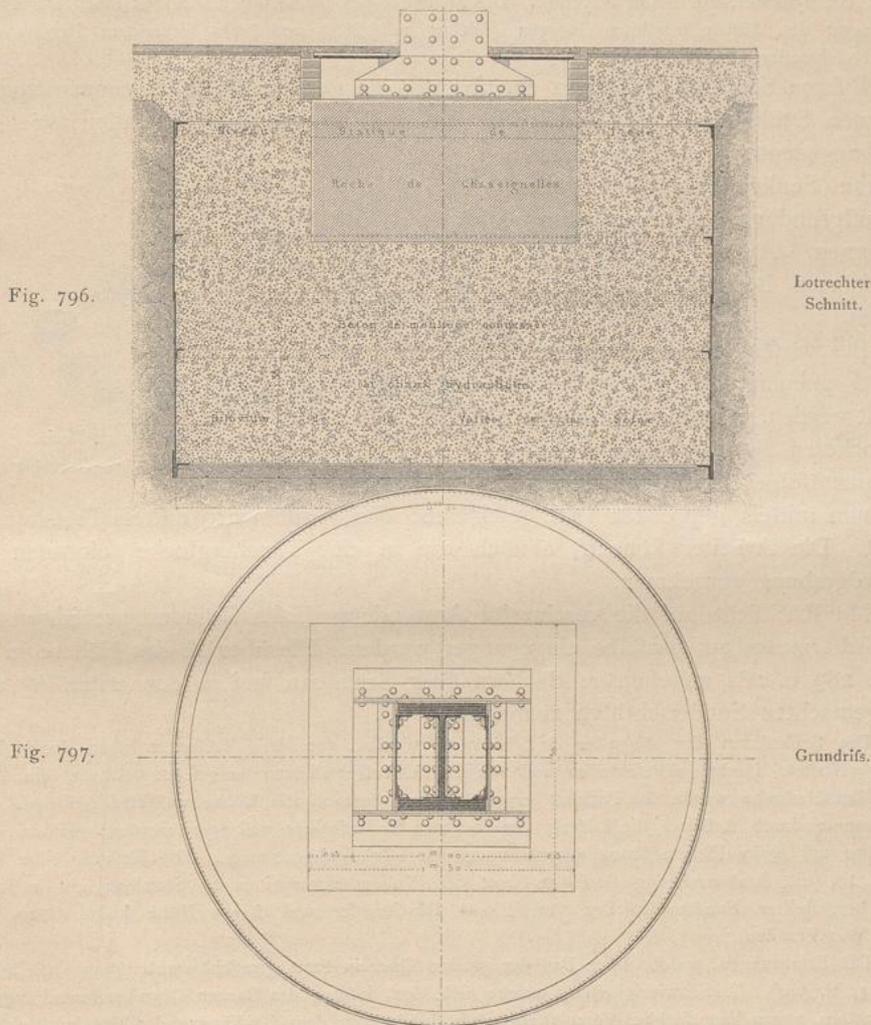
b) Eiserne Senkröhren.

498.
Senkröhren.

Eiserne Senkröhren kommen meist nur für Brückenpfeiler, in England wohl auch für längere Mauern zur Anwendung und werden alsdann in der Regel mit Hilfe von geprefster Luft versenkt. Im Hochbauwesen sind sie sehr selten zu Fundamenten benutzt worden; als einzige Ausführung dieser Art ist die im Jahre 1880 bewirkte Gründung der neuen *Magasins du Printemps* zu Paris (Arch.: *Sédille*) bekannt geworden.

²⁸¹⁾ Siehe hierüber: Sicherheits-Absteifung für Senkkäfte. Centralbl. d. Bauverw. 1892, S. 318.

Das für derlei Senkröhren am häufigsten angewendete Material ist Gufseisen; die Röhre besteht alsdann aus einzelnen cylindrischen Trommeln, welche in demselben Maße übereinander gefetzt werden, als die Röhre infolge der Löfung des Bodens in den letzteren einfinkt. Die Trommeln sind an der Ober- und Unterkante mit ringförmigen Flanschen versehen und werden mit diesen und mit Hilfe von Schrauben miteinander verbunden.



Von den *Magasins du Printemps* zu Paris. — Gründung der eisernen Freistützen²⁸².

Arch.: *Sédille & Baudet*. — $\frac{1}{40}$ w. Gr.

Senkröhren von größerem Durchmesser werden aus Eisenblechen (nach Art der Kesselnietungen) zusammengefetzt; durch L- und T-Eisen wird den Wandungen die nötige Steifigkeit verliehen.

Die *Magasins du Printemps* wurden, teils in Rücksicht auf Feuerficherheit, teils um möglichst wenig an Raum zu verlieren, im Inneren der Hauptsache nach in Eisenkonstruktion ausgeführt; Decken und Dächer werden von eisernen Freistützen (Fig. 796 u. 797²⁸²) getragen. Diese sowohl, als auch die gemauerten

²⁸² Fakf.-Repr. nach: *Encyclopédie d'arch.* 1885, Pl. 997.

Pfeiler, welche im Erdgeschoss die Frontmauern tragen (Fig. 798²⁸²), haben großen Belastungen (die größte Belastung beträgt 350 t, die kleinste 230 t) zu widerstehen. Um diese in geeigneter Weise auf den Baugrund zu übertragen, bezw. auf eine möglichst große Fläche zu verteilen, wurden für sämtliche 46 eiserne Freistützen der Magazinsräume, ebenso für die steinernen Stützen der Frontmauern, für die Freistützen der großen Flurhalle und der Rotunden cylindrische Röhrenpfeiler von 2,50 bis 3,00 Durchmesser verfenkt. Dieselben erhielten 2 m Höhe, die Wandungen 4 mm Blechdicke und zur Verfeinerung ringförmige gebogene Winkeleisen von 60 × 60 × 8 mm Querschnitt. Nach dem Verfenken wurden die Röhren mit hydraulischem Beton ausgefüllt. Die Mehrzahl der Brunnenpfeiler erhielt einen Durchmesser von 2,50 m; den stärker belasteten dagegen (solchen mit 265 t und 350 t lotrechtem Druck) wurde 3,00 m Durchmesser gegeben.

499.
Senkung.

Eiserne Senkröhren können ebenso, wie die gemauerten Senkbrunnen und die hölzernen Senkkästen verfenkt werden; indes ist in den meisten Fällen, wie oben schon angedeutet wurde, das pneumatische Senkverfahren oder die Prefsluftgründung in Anwendung gekommen. Auch bei dem eben vorgeführten Beispiele ist dies geschehen.

Bei verfenkten Fundamenten, die auf pneumatischem Wege hergestellt werden, wird für die Lösung der lockeren Bodenschicht an der Fundamentsohle ein wasserfreier Arbeitsraum mittels gepresster Luft geschaffen; das Wasser wird mittels Prefsluft verdrängt. Die Arbeiter können, ähnlich wie in eine Taucherglocke, eintreten und die Erdgrabung vornehmen.

Mit Rücksicht auf die vereinzelt Anwendung dieses Gründungsverfahrens soll hier nicht weiter auf dasselbe eingegangen werden. Hierüber ist das Nähere in den auf S. 283 u. 284 angeführten Büchern über Grundbau und in den unten²⁸⁴⁾ namhaft gemachten Sonderchriften zu finden.

Die Senkröhren der *Magasins du Printemps* wurden vor dem Verfenken oben durch kegelförmig gestaltete Deckel abgeschlossen und die Luftschleusen alsdann aufgesetzt. Durch ein 70 mm weites Kautschukrohr wurde die Prefsluft eingeführt und dadurch die Röhre wasserfrei gemacht. Nuncmehr konnte durch Arbeiter die Lösung der lockeren Bodenschicht vollzogen werden; alsdann wurde die Röhre mit hydraulischem Beton ausgefüllt und der Deckel abgenommen. Die Senkung einer Röhre dauerte 10, die Ausbetonierung derselben samt den Vollendungsarbeiten 24 Stunden; ein in solcher Weise hergestellter Fundamentpfeiler von 2,50 m Durchmesser und 2,50 m Höhe kostete 720 Mark (= ca. 900 Franken).

Die Erfahrungen, welche beim Bau der großen Oper in Paris gemacht worden waren (siehe auch Art. 424, S. 344), die Schwierigkeiten, welche sich dort infolge des starken Grundwasserandranges ergeben hatten, waren hauptsächlich Veranlassung, daß *Baudet*, von dem der Entwurf der Eisenkonstruktionen des in Rede stehenden Gebäudes herrührt, die Anwendung der Prefsluftgründung in das Auge faßte; die betreffenden Arbeiten wurden unter der Leitung *Zschokke's* ausgeführt²⁸⁵⁾.

²⁸³⁾ Nach: *La semaine des const.*, Jahrg. 6, S. 233.

²⁸⁴⁾ GÄRTNER, E. Entwicklung der pneumatischen Fundierungsmethode etc. Wien 1879. (Sonderabdruck aus: *Zeitschr. d. öst. Ing.- u. Arch.-Ver.* 1879, S. 41.)

PERNOLET, A. *L'air comprimé et ses applications etc.* Paris 1879.

ANSPACH, L. *Notice sur les fondations par l'air comprimé etc.* Brüssel 1880.

BRENNECKE, L. Ueber die Methode der pneumatischen Fundierungen. Petersburg 1881.

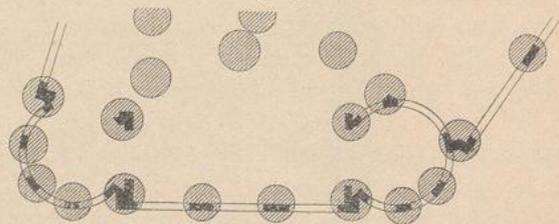
²⁸⁵⁾ Eingehendere Mitteilungen über diese Gründung sind zu finden in:

Grands Magasins du Printemps à Paris. *Encyclopédie d'arch.* 1885, S. 1.

DUPRÉ, E. *Les fondations à l'air comprimé.* *La semaine des const.*, Jahrg. 6, S. 232.

FERRAND, S. *Les fondations à l'air comprimé aux nouveaux Magasins du Printemps.* *Gaz. des arch.* 1881, S. 207.

Fig. 798.



Von den *Magasins du Printemps* zu Paris.
Teil des Fundamentplanes²⁸³⁾. — 1/500 w. Gr.

Litteratur

»über Senkröhregründungen«.

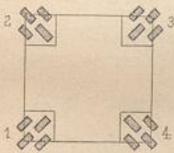
- WEISE, H. Locomotiv-Haus der Berlin-Potsdamer-Magdeburger Eisenbahn zu Berlin. *Zeitschr. f. Bauw.* 1865, S. 438.
- ERBKAM, G. Die Königliche National-Galerie. *Zeitschr. f. Bauw.* 1869, S. 263.
- CRAMPE, R. Praktische Erfahrung bei Gründung auf Senkkästen. *Baugwks.-Zeitg.* 1870, S. 130.
- SCHMIDT, O. Gründung auf Senkkästen. *Baugwks.-Zeitg.* 1870, S. 113.
- FERRAND, S. *Les fondations à l'air comprimé. Revue indust.* 1881, S. 362.
- FERRAND, S. *Les fondations à l'air comprimé aux nouveaux Magasins du Printemps. Gaz. des arch.* 1881, S. 207.
- Fondations des nouveaux magasins du Printemps au moyen de l'air comprimé. Le génie civil*, Bd. 2, S. 485.
- DUPRÉ, E. *Les fondations à l'air comprimé. La semaine des const.*, Jahrg. 6, S. 232.

4. Kapitel.

Caiffongründung.

Für tiefegehende Fundamente von Ingenieurbauwerken, insbesondere von Brückenpfeilern, wird vielfach die sog. Senkkasten- oder Caiffongründung in Anwendung gebracht. Hierbei wird zunächst ein prismatischer eiserner Kasten oder Caiffon hergestellt, seitlich und oben geschlossen, unten offen, welcher in seiner Grundriffsform der Grundriffsform des zu gründenden Pfeilers entspricht. Auf der Decke dieses Kastens wird das Mauerwerk aufgeführt und dabei der Kasten mit dem Mauerwerk allmählich durch die lockeren Bodenschichten bis auf den tragfähigen Baugrund ver-

Fig. 799.



fenkt. Dies geschieht in der Weise, daß Arbeiter in den Senkkästen eintreten und den Boden allmählich abgraben. Damit die Arbeiter in den Kästen eintreten können und damit überhaupt ein Verkehr nach und von diesem Arbeitsraum stattfinden kann, führen aus der Decke desselben ein oder zwei Schächte nach außen. Der Kasten wird durch Einführen von Pressluft wasserfrei erhalten. Hat der Kasten die nötige Tiefe erreicht, so wird er ausgemauert, bezw. ausbetoniert; Gleiches geschieht mit den Schächten.

Im Hochbauwesen fand dieses Gründungsverfahren wohl die erste Anwendung bei der Gründung der vier Eckpfeiler, auf denen der 300 m hohe *Eiffel-Turm* auf dem *Champ de Mars* bei Paris 1887—89 errichtet wurde.

Die Bodenuntersuchungen hatten ergeben, daß die unterste Schicht aus einer mächtigen, trockenen und sehr festen Thonschicht von ca. 16 m Stärke besteht, welche auf einer Kreideschicht ruht und eine Tragfähigkeit von 3 bis 4 kg für 1 qcm besitzt. Ueber der Thonschicht lagert eine Sandbank und eine zu Gründungen gut geeignete feste Kieschicht von 6 bis 7 m Mächtigkeit; über letzterer beginnt das alte Flussbett der Seine, welches von einer Menge feinen, schlammhaltigen Sandes und von Anschwemmungen aller Art, die für Gründungen ungeeignet sind, bedeckt ist. Man beschloß, den Turm auf vier, je 100 m voneinander entfernten Eckpfeilern zu errichten und letztere so tief zu gründen, daß sie noch durch eine genügend starke Kieschicht vom Thon getrennt sind. Infolgedessen befindet sich z. B. für die beiden Eckpfeiler 1 und 4 (Fig. 799) die gedachte Sand- und Kieschicht erst in der Höhe + 22, d. h. 5 m unter Wasser. Dementsprechend benutzte man für jeden dieser Pfeiler Senkkästen aus Eisenblech von 15 m Länge und 6 m Breite, welche, in der Zahl von 4 für jeden Eckpfeiler, bis zur Höhe + 22 versenkt, 5 m tief unter Wasser zu stehen kamen. Die Höchstpressung auf die Gründungsfohle mit Einschluß des Luftdruckes wurde auf 4 kg für 1 qcm berechnet.

Jeder der vier Eckpfeiler ruht auf 4 getrennt voneinander angeordneten, pyramidal gestalteten Fundamentpfeilern (Fig. 799), welche bestimmt sind, die in den hohlen, eisernen Hauptgurtungsträgern der Turmecken thätigen Druckspannungen aufzunehmen, zu deren Angriffsrichtung ihr oberster Teil senkrecht gerichtet ist (Fig. 800 u. 801) und die gußeisernen Schuhe enthält, in welchen die Hauptträger des eisernen

500.
Eiserne
Senkkästen.

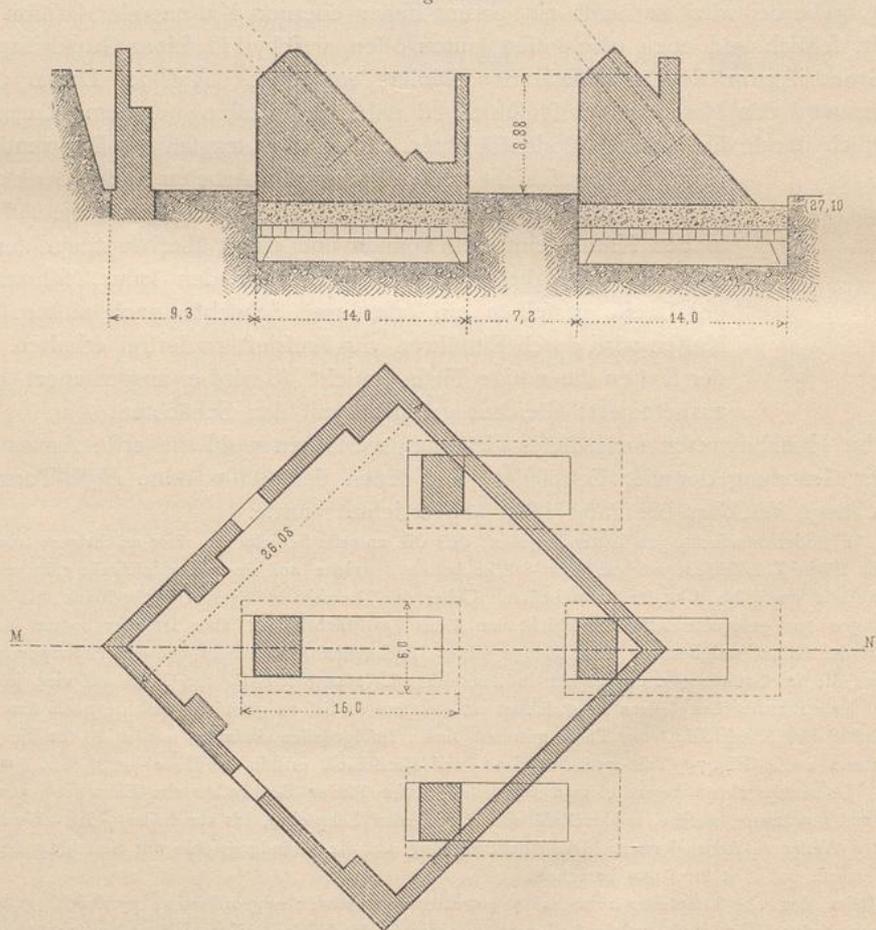
501.
Gründung
des
Eiffel-Turmes
zu Paris.

286) Fakt.-Repr. nach: Deutsche Bauz. 1889, S. 391.

Fig. 800.

Blick auf die Fundamente eines Eckpfeilers²⁸⁶).

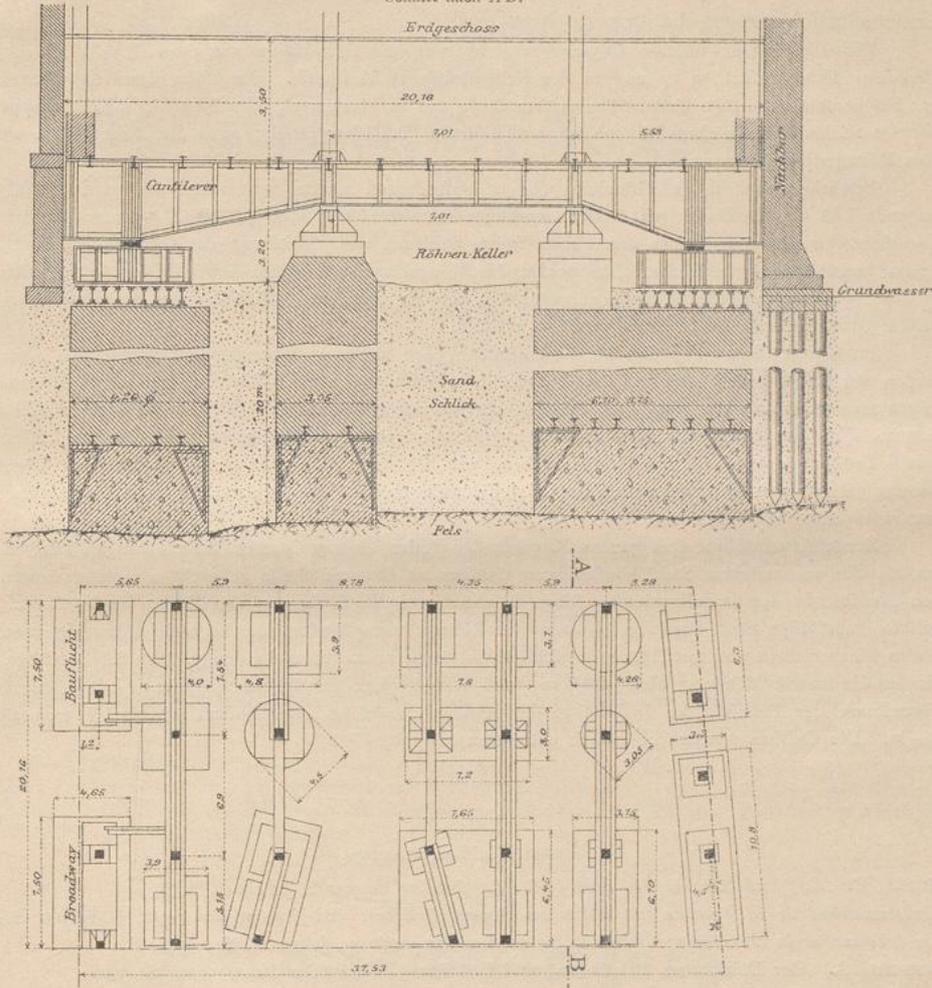
Fig. 801.

Fundamente eines Eckpfeilers. — $\frac{1}{500}$ w. Gr.Gründung der vier Eckpfeiler des *Eiffel*-Turmes zu Paris.

Turmsystems — die schrägen Strebe Pfeiler — ihr Lager finden. Die Abmessungen der 4 Mauerpfeiler mit ihrer auf der Vorderseite lotrechten, auf der Rückseite geneigten Ansichtsfläche sind so gewählt, daß die 4 Mittelkräfte der größten Auflagerdrücke in einem dem Mittelpunkte der Gründungsanlage sehr nahe gelegenen Punkte zu einer schräg abwärts gerichteten Mittelkraft sich vereinigen. *Eiffel* berechnete letztere an der Uebergangsstelle in die Mauerwerkspfeiler in der Höhe + 36 auf 556 t ohne und 875 t unter Berücksichtigung des Winddruckes. Auf der Fundamentsohle der Eckpfeiler 1 und 4 beträgt die Pressung 3320 t unter Einrechnung der Windwirkung, so daß 1 qm dieser Sohle mit 3,7 kg belastet wird. Der unterste Teil

Fig. 802.

Schnitt nach A B.

Vom Manhattan-Lebensversicherungsgebäude zu New-York²⁸⁷⁾.

des Fundamentkörpers besteht aus dem mit Zementbeton ausgefüllten Kasten und einem auf diesen aufgesetzten Zementbetonklotz von 10 m Länge und 6 m Breite; darauf kam Bruchsteinmauerwerk, in Zementmörtel ausgeführt, zu stehen. In der Mitte der schrägen Widerlagsflächen im obersten Teile der Fundamentpfeiler wurden je 2 Verankerungsbolzen von je 7,80 m Länge und 10 cm Durchmesser eingemauert, mittels deren die Befestigung der schon erwähnten gußeisernen Lagerchuhe geschah²⁸⁸⁾.

²⁸⁷⁾ Fakt.-Repr. nach: Zeitschr. f. Bauw. 1895, Bl. 28.

²⁸⁸⁾ Nach: Deutsche Bauz. 1889, S. 391, wofelbst weitere Einzelheiten über diese Gründung zu finden sind. — Ebenso in *Les travaux de la tour de 300 mètres. La construction moderne*, Jahrg. 2, S. 339.

Les fondations de la tour de 300 mètres au Champ de Mars. La semaine des const., Jahrg. 11, S. 519.

Die Senkkasten für die eben beschriebenen Fundamentpfeiler sind 5,70 m hoch und haben ein Gewicht von ca. 3000 kg; an den lotrechten Blechwänden ist eine Holzkonstruktion brunnenkranzartig befestigt, welche erfieren die erforderliche Steifigkeit verleiht. Ueber der Decke jedes Caiffons erhoben sich 2 gußeiserne cylindrische Schächte, die mittels Leitern besteigbar waren; auf jeden Schacht wurde die Luftschleufe aufgesetzt. Die ausgegrabenen Erdmassen wurden in diesen Schächten mittels eiserner Eimer und Aufzugsketten nach oben geschafft. Der Arbeitsraum war elektrisch beleuchtet. Bei der Senkung wurde eine mittlere Leistung von 50 cm Tiefe der Ausschachtung bei 90 qm Bodenfläche innerhalb 24 Stunden erreicht.

522.
Gründung
des
Manhattan-
Lebens-
Versicherungs-
Gebäudes
zu
New-York.

Das zweite hier vorzuführen Beispiel betrifft eines der vielgeschloffenen Gebäude der nordamerikanischen Großstädte, nämlich die Gründung des Manhattan-Lebensversicherungsgebäudes zu New-York.

Daselbe liegt am unteren *Broadway* und bedeckt eine Grundfläche von etwa $20,50 \times 38,00$ m; am *Broadway* selbst besitzt es 17 und in der Nebenstraße 18 Geschosse. Die Höhe des Kuppelturmes bis zur Flaggenstange beträgt 106 m. Die Außenwände sind in Mauerwerk, das Innere als Eisengerippe mit eisernen Säulen, ebenfolchen Balkenlagen und eisernem Dach hergefellt; auch die Außenwände werden vom Eisengerippe getragen.

Bemerkenswert ist die Gründung der 34 gußeisernen Säulen, auf denen die rund 50 000 t betragende Last des Gebäudes ruht. Der tragfähige Felsboden liegt etwa 16 bis 17 m unter der Strafsenoberfläche des *Broadway*; über dem Felsen lagern Schlamm und Triebfand; das Grundwasser steht etwa 6,70 m unter Strafsenoberfläche. Die beiden Nachbargebäude sind nicht sicher bis auf den Felsen gegründet, so daß äußerste Vorsicht geboten war, um an denselben Beschädigungen zu vermeiden. Aus diesem Grunde wurde die Pressluftgründung gewählt.

Im Grundriß von Fig. 802 ist die Anordnung der Säulen und der Caiffons dargestellt. Zum Abfangen der Nachbarwand und um die konzentrische Belastung der Caiffons zu erzielen, sind Auslegerträger angewendet worden (Fig. 802, Schnitt), und je vier nebeneinander gelegene Blechträger bilden ein Ganzes. Nur eine Säule ruht auf einem von 25 Pfählen getragenen Betonblock; alle übrigen Pfeiler sind mittels Pressluft gegründet. Die Caiffons haben, wie Fig. 802, Grundriß zeigt, verschiedene Grundrißformen; einige haben die kreisrunde Grundrißgestalt; die meisten sind im Grundriß rechteckig und nehmen eine, zwei oder vier Säulen auf.

Zunächst wurde auf dem ganzen Bauplatz der Boden bis zur Grundwasserlinie ausgehoben; alsdann wurden die aus weichem Stahl konstruierten Caiffons an Ort und Stelle gebracht und unter Anwendung von Pressluft in der im allgemeinen schon beschriebenen Weise bis auf den Felsen hinabgesenkt. Der gelöste, halbflüssige Sand wurde in 10 cm weiten Röhren hochgefördert, die bis auf den jeweilig erreichten Boden hinabreichten und mit Hähnen verschließbar waren; man schaufelte den gelösten Sand und Schlamm bis an die untere Mündung dieser Röhren, und sobald einer der Hähne geöffnet wurde, förderte der Ueberdruck der Pressluft das halbflüssige Material in die Höhe. Durchschnittlich senkte man täglich 1,20 m. Die Caiffons wurden schließlich mit Beton ausgefüllt²⁸⁹⁾.

Litteratur

über »Caiffongründung«.

- DUPRÉ, E. *Les fondations à l'air comprimé. La semaine des const.*, Jahrg. 6, S. 232.
Les fondations de la tour de 300 mètres au Champ de Mars. La semaine des const., Jahrg. 11, S. 519.
Les travaux de la tour de 300 mètres. La construction moderne, Jahrg. 2, S. 339.
 NEISCHL, A. Der Eiffelthurm. Gründung und Errichtung. *Deutsche Bauz.* 1889, S. 391.
Les fondations de la tour de 300 mètres au Champs de Mars. La semaine des const., Jahrg. 11, S. 519.
Les travaux de la tour de 300 mètres. La construction moderne, Jahrg. 2, S. 339.
 NEISCHL, A. Der Eiffelthurm. Gründung und Errichtung. *Deutsche Bauz.* 1889, S. 391.
 LANDSBERG, TH. Das Manhattan-Lebens-Versicherungs-Gebäude in New-York. *Centralbl. d. Bauverw.* 1894, S. 165.
 LANDSBERG, TH. Die Fundamentirung eines zwanzigstöckigen Gebäudes in New-York. *Deutsches Baugwksbl.* 1894, S. 507.

²⁸⁹⁾ Nach: *Engng. record* 1894, Jan. 24. — *Engng. news* 1893, Dez. 7. — *Zeitschr. f. Bauw.* 1895, S. 224. — *Centralbl. d. Bauverw.* 1894, S. 165. — *Zeitschr. d. öst. Ing.- u. Arch.-Ver.* 1893, S. 424.