

3. Kapitel.

Senkröhren-Gründung.

472-
Ueberficht.

Eben so wie die Fundirung auf Senkbrunnen zu den Pfeilergründungen gehört, sind auch die Senkröhren-Fundamente unter die Pfeiler-Fundamente einzureihen. Auch in diesem Falle ist es lediglich die Herstellungsweise der Röhrenpfeiler, wodurch sie sich von den Brunnenpfeilern und den massiv aufgeführten Fundament-Pfeilern unterscheiden.

Die Gründung auf Senkröhren oder Senkkasten ist mit der Brunnenfundirung in so fern sehr nahe verwandt, als bei beiden die lockere, nicht tragfähige Bodenschicht nicht abgegraben wird, sondern durch dieselbe hindurch ein hohler Cylinder hinabgesenkt wird. Bei den Senkbrunnen wird dieser Mantel gemauert oder aus Beton hergestellt; im vorliegenden Falle sind es hölzerne, feltener eiserne Röhren oder Kästen, 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 Fundirungsmethoden zugleich bei einer und derselben Gebäudegruppe zur Anwendung kommen. Die Bauten, welche in Berlin in der Mitte der Sechzigerjahre an den *Werder'schen* Mühlen ausgeführt worden sind, stehen auf einem Terrain, welches an der Schleusenfeite folgende Bodenschichten zeigte: zunächst 3,15 m aufgeschütteter Boden, dann 2,50 m Torf, 1,60 m Schlick 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 auffälliges 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 Fundirung 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 Kästen schiefeinfanken. In Folge dessen wählte man eine Vereinigung von Kästen und Brunnen²²⁰⁾.

Man hat nicht selten die Brunnen- und die Röhrengründung vollständig parallel neben einander gestellt, hat beide Methoden im Princip als ganz gleich bezeichnet und den Unterschied nur im Material 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 Fundament-Pfeilers. Man könnte diese Hülle auch als eine besondere Methode der Auszimmerung der schachtartigen Baugrube betrachten, so daß von diesem Gesichtspunkte aus die Röhrenpfeiler den massiv gemauerten Fundament-Pfeilern gewöhnlicher Art näher ständen, als den Brunnenpfeilern.

a) Hölzerne Senkkästen.

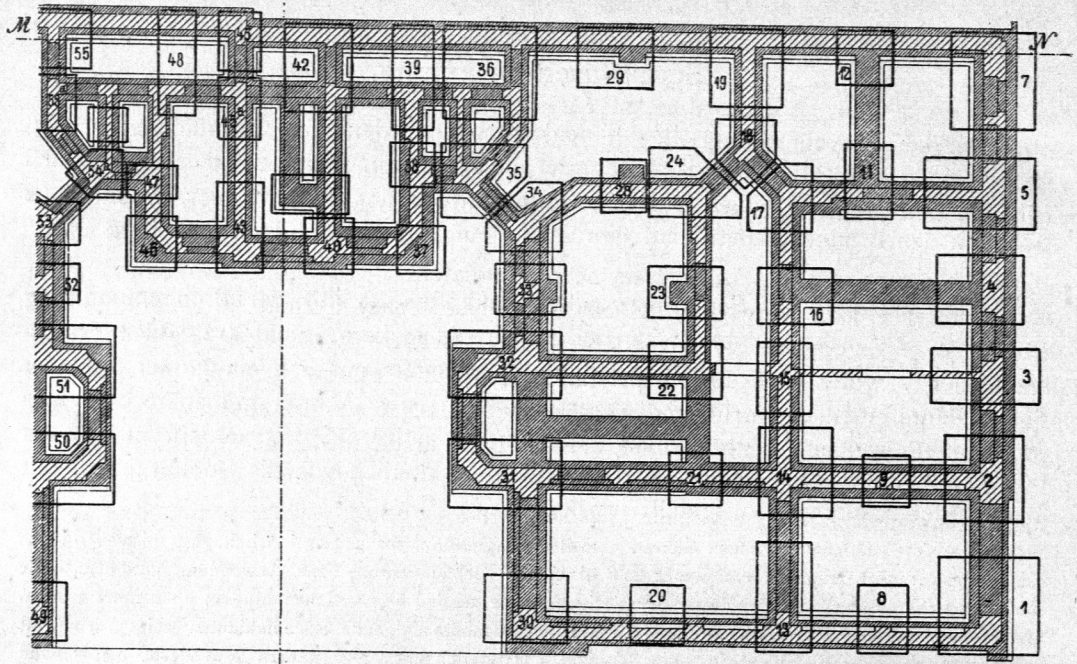
473-
Anordnung
und
Querschnitt.

Betreff der Zahl und der Vertheilung der hölzernen Senkröhren oder Senkkästen im Grundplane des zu fundirenden Gebäudes gilt das bei den Senkbrunnen Gefagte (vergl. Art. 453, S. 319). Die Querschnittsform der Kästen ist dem Material entsprechend zu wählen; in Folge dessen wird der Kreis, das Oval etc. auszuschließen sein, und es werden hauptsächlich rechteckig gestaltete Kästen in Anwendung kommen. Für Gebäude mit ganz regelmässigem Grundplan (Fig. 739) werden andere als rechteckige Querschnittsformen für die Kästen nicht erforderlich. Bei weniger regelmässig gestaltetem Gebäudegrundriß erhalten die Kästen auch andere Querschnittsformen, wie solches aus Fig. 737, 738 u. 740 ersichtlich ist.

Die Querschnittsabmessungen der Kastepfeiler hängen ab von der Stärke der

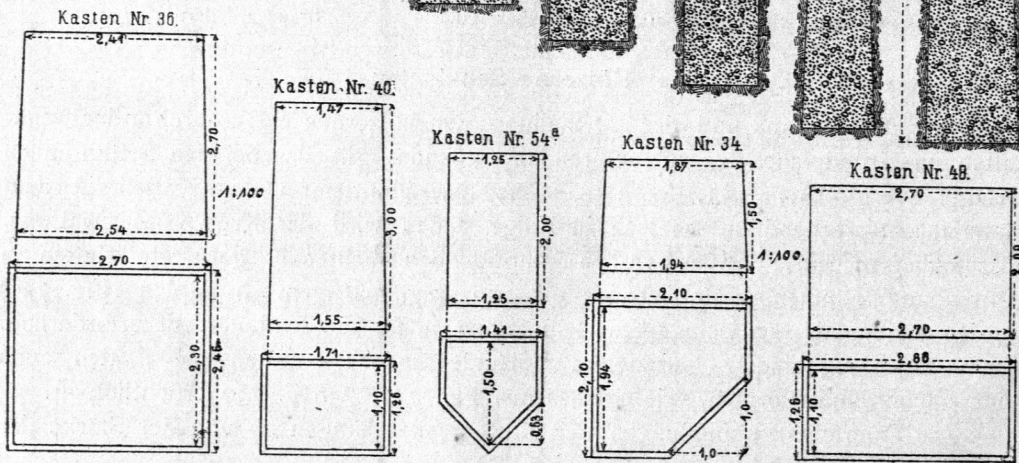
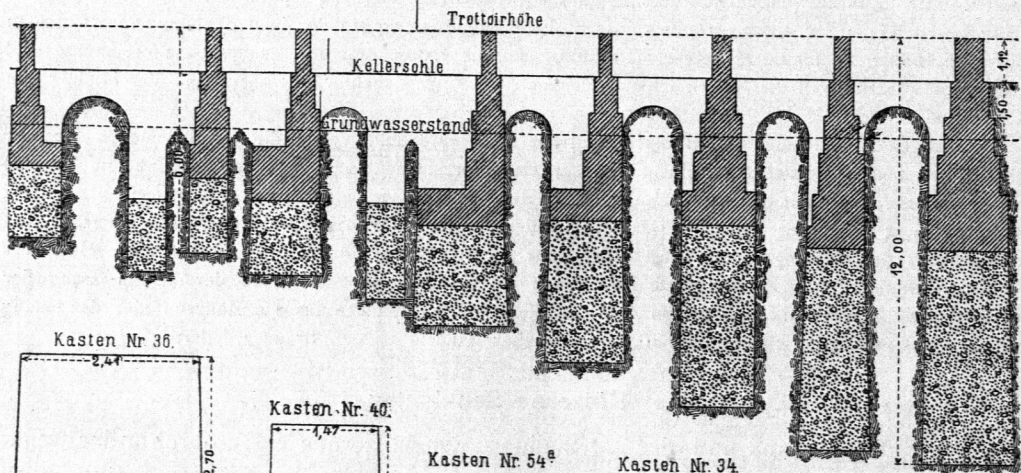
²²⁰⁾ Näheres hierüber in: Zeitschr. f. Bauw. 1865, S. 504.

Fig. 737. Grundriß des Erdgeschosses und Fundament-Plan.



1/200 n. Gr.

Fig. 738. Schnitt durch die Fundamente nach M N.



1/100 n. Gr.

Vom Lehrerhaus beim Seminar zu Berlin.

Mauern, die sie zu tragen haben, und vom Druck, den die letzteren ausüben. In ersterer Beziehung wählt man die Kastenabmessung (Breite) winkelrecht zur Längsrichtung der zu fundirenden Mauer so, daß beiderseits ein Fundamentabatz von 12 bis 25 cm Breite entsteht; die zweite Querschnittsabmessung (Länge) wird an jenen Stellen, wo zwei Mauern gegen einander stoßen oder einander durchkreuzen, nahezu eben so groß gewählt; die zwischenliegenden Kästen erhalten meist eine geringere Länge (Fig. 737 u. 739).

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 qm, die lothrechte 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, muß man zunächst für die Pfeilerlängen l eine Annahme machen. Läßt sich später, wenn das Project 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 fundirenden Mauern nach unten vergrößern.

Beim Bau der National-Galerie in Berlin waren im ursprünglichen Entwurf Zahl und Grundfläche der zur Fundirung zu verwendenden Senkkästen so groß angenommen worden, daß eine nähere Berechnung eine Belastung des Baugrundes zu 11 bis 15 kg für 1 qm ergab, eine Pressung, welche sonstigen Erfahrungen gemäß sehr bedeutend erschien und eine namhafte Verringerung wünschenswerth machte. Es wurde deshalb eine neue Anordnung sämtlicher Senkkästen entworfen derart, daß ein ziemlich gleichmäßiger Druck von etwa nur 5,8 kg für 1 qm hervorgebracht wurde.

Um das Senken der Kästen zu erleichtern, läßt man nicht selten den Querschnitt

Fig. 739.

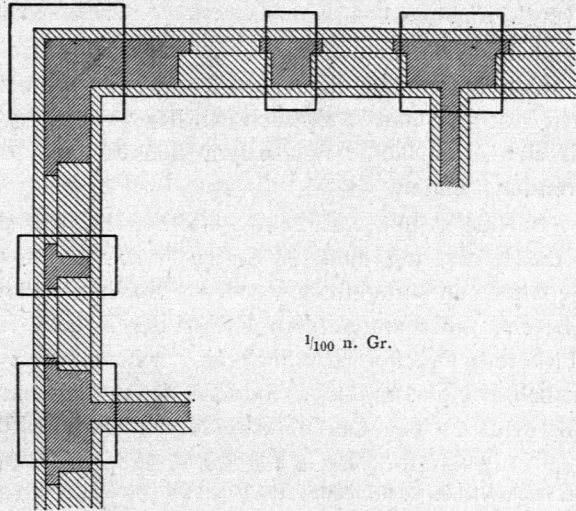
 $\frac{1}{100}$ n. Gr.

Fig. 740.

Fundament-Plan.

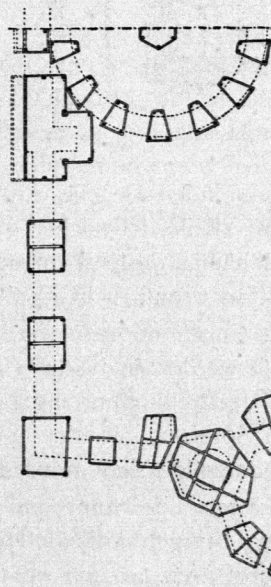
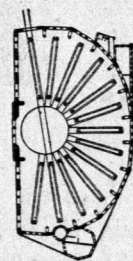
 $\frac{1}{250}$ n. Gr.

Fig. 741.

Grundriß.

 $\frac{1}{1000}$ n. Gr.

Locomotivschuppen der Berlin-Potsdam-Magdeburger Eisenbahn in Berlin ²²¹⁾.

²²¹⁾ Nach: Zeitchr. f. Bauw. 1865, Bl. T.

derfelben nach oben zu abnehmen; das Verjüngungsverhältniß beträgt $\frac{1}{50}$ bis $\frac{1}{25}$ (vergl. Fig. 738).

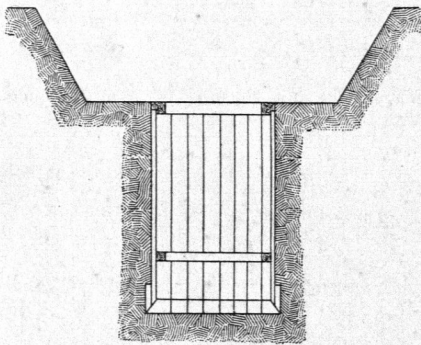
474.
Construction.

Die hölzernen Senkröhren oder Senkkasten werden aus 4,5 bis 5,5 cm starken Bohlen zusammengesetzt, die entweder lothrecht oder wagrecht angeordnet find; erfteres geschieht hauptfächlich bei geringen Tiefen und nicht bedeutendem Erd-drucke. Bei kleineren Pfeilern können ftatt der Bohlen fchwächere Bretter Anwendung finden.

Kaften mit lothrecht gestellten Bohlen müffen durch wagrecht angeordnete Kränze, die aus etwa 15×15 cm starken Hölzern angefertigt werden, zusammengehalten und abgesteift werden. Solcher Kränze find mindestens zwei, einer am oberen, einer am unteren Rande der Röhre, erforderlich. Bei größerer Tiefe und ftärkerem Drucke wird noch ein Zwischenkranz angeordnet, der jedoch nicht etwa in halber Höhe angelegt, fondern tiefer nach unten gerückt wird, da dort der Druck am größten ift. Der unterfte Kranz wird keilförmig zugefchärft.

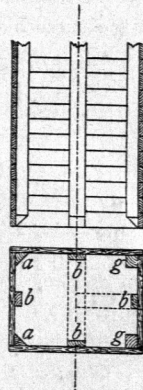
Die Senkkafen des in Fig. 740 u. 741 angedeuteten Locomotivfchuppens haben die in Fig. 742 veranfchauichte Construction erhalten. Die Bohlen find 4 cm dick, oben in den Falz eines 13×16 cm starken Kranzes eingelaffen, unten zugefchärft und außen herum mit einem gleichfalls gefchärften Kranz von 5 cm starken Bohlen verfehen. Etwa 80 cm über dem unteren Rande ift ein zweiter Kranz angeordnet.

Fig. 742.



Senkröhren. — $\frac{1}{100}$ n. Gr.

Fig. 743. Fig. 744.



Sollen die Bohlen wagrecht liegen, wie in Fig. 743 u. 744, fo müffen die Ecken durch lothrecht gestellte Kreuzhölzer *a, a, g, g* von etwa 10×10 bis 12×12 cm Dicke ausgesteift werden; bei größeren Querschnittsabmessungen der Kafen werden noch Leisten *b, b* angeordnet. Die Bohlen werden derart aufgenagelt, 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 Theile fchwächer gehalten werden, als im unteren. Die unterfte Bohlenlage wird häufig doppelt angeordnet, um den unteren Kafenrand, der beim Senken am meisten beansprucht wird, zu verftärken.

Bei beiden Constructionen werden die Bohlen auf die Verfteifungshölzer aufgenagelt; eben fo werden in beiden Fällen innerhalb der Kafen während des Senkens noch vorläufige Verftrebungen angebracht, welche theils aus wagrecht, theils aus fchräg gestellten Spreizen gebildet find. In Fig. 743 u. 744 find in den Grundrissen der Senkkafen derartige fch Kreuzende Verftrebungshölzer angedeutet.

475.
Ausführung.

Die Senkkafen find sofort in voller Höhe auszuführen und im Ganzen an die Baufstelle zu bringen; die letztere wird hier eben fo vorbereitet, wie bei Senkbrunnen (vergl. Art. 462, S. 325). Die Senkung kann gleichfalls, wie bei den Brunnen, vorgenommen werden; doch wird bei den Senkkafen meistens fchließlich der Sackbohrer (vergl. Art. 467, S. 327) angewendet. Eine künstliche Belaftung

des zu senkenden Kasten darf niemals fehlen, da er selbst ein nur geringes Eigengewicht hat; sie kann bloß bei engeren Kästen (Röhren) entbehrt werden, wenn man diese durch die Schläge einer Ramme zum Sinken bringt.

Ist die Senkung bis auf die erforderliche Tiefe vollführt, so ist das nunmehr einzuschlagende Verfahren hier dasselbe, wie bei den Senkbrunnen (vergl. Art. 471, S. 330). Auch hier wird zunächst die nach unten dichtende Beton-Schicht hergestellt, nach Erhärtung derselben das Wasser ausgeschöpft und die Ausmauerung vorgenommen; oder es wird der ganze Kasten mit Beton ausgefüllt. Letzteres wird namentlich dann vorgezogen, wenn die Kästen (Röhren) sehr eng sind oder wenn in Folge bedeutenden Erddruckes eine starke Verstrebung der Kastenwände vorgenommen werden mußte und in Folge dessen der Innenraum des Kastens nur wenig frei ist.

Die ausgemauerten Kastenpfeiler werden bei stark nachgiebigem Baugrunde bisweilen unter einander verankert.

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

Ueber dem Grundwasserspiegel oder, wenn dieser tief gelegen ist, in größerer Höhe wird die Mauerung der Fundament-Pfeiler in gewöhnlicher Weise fortgesetzt bis zu jener Stelle, wo die Grundbögen, welche die Pfeiler mit einander 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 Kästen sehr nahe an einander, so kann man die Verbindungs-Construction auch durch Auskragen der betreffenden Steinscharen bewirken; beide Anordnungen sind in Fig. 737 u. 738 zu finden.

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

476.
Anwendung.

b) Eiserne 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 gepresster 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.

477.
Senkröhren.

Das für derlei Senkröhren am häufigsten angewendete Material ist Gusseisen; es besteht die Röhre alsdann aus einzelnen cylindrischen Trommeln, welche in demselben Maße über einander gesetzt werden, als die Röhre in Folge der Lösung des Bodens in den letzteren einsinkt. Die Trommeln sind an der Ober- und Unterkante mit ringförmigen Flanschen versehen und werden mit diesen und mit Hilfe von Schrauben mit einander verbunden.

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

Die *magasins du Printemps* wurden, theils in Rücksicht auf Feuerficherheit, theils um möglichst wenig an Raum zu verlieren, im Inneren der Hauptfache nach in Eisen-Construction ausgeführt; Decken und Dächer werden von eisernen Freistützen (Fig. 745 u. 746²²²) getragen. Diese fowohl, als auch die gemauerten Pfeiler, welche im Erdgefchofs die Frontmauern tragen (Fig. 747²²³), haben großen Belastungen (die

Fig. 745.

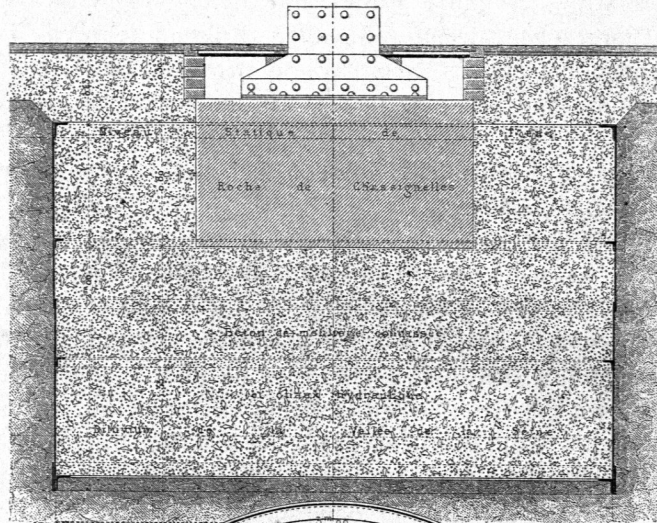
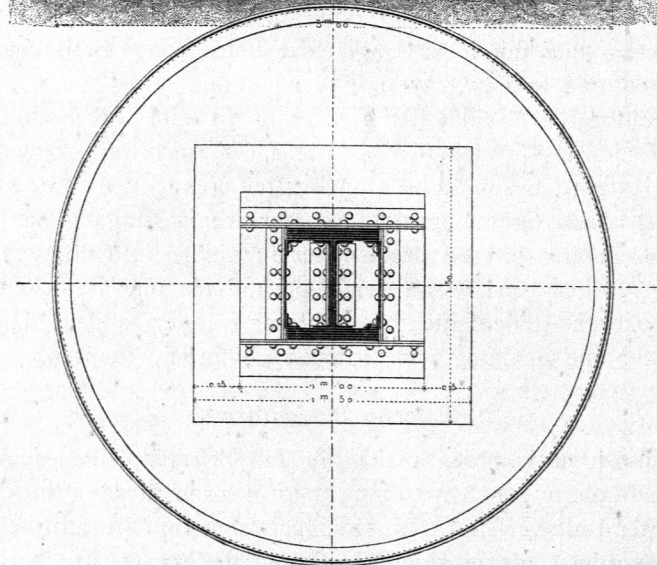
Lothrechter
Schnitt.

Fig. 746.



Grundriß.

Von den *magasins du Printemps* in Paris. — Gründung der eisernen Freistützen²²²).

Arch.: Sédille & Baudet.

$\frac{1}{40}$ n. Gr.

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 vertheilen, wurden für sämmtliche 46 eisernen Freistützen der Magazins-Räume, eben so für die steinernen Stützen der Frontmauern, für die

²²²) Facf.-Repr. nach: *Encyclopédie d'arch.* 1885, Pl. 997.

²²³) Nach: *Semaine des const.*, Jahrg. 6, S. 233.

Freistützen der großen Flurhalle und der Rotunden cylindrische Röhrenpfeiler von 2,5 bis 3,0 m Durchmesser verfenkt. Dieselben erhielten 2 m Höhe, die Wandungen 4 mm Blechdicke und zur Verfeinerung ringförmig gebogene Winkeleisen von $60 \times 60 \times 8$ mm Querschnitt. Nach dem Verfenken wurde die Röhre mit hydraulischem Beton ausgefüllt. Die Mehrzahl der Brunnenpfeiler erhielt einen Durchmesser von 2,5 m; den stärker belasteten dagegen (solchen mit 265 t und 350 t lothrechten Druck) wurde 3,0 m Durchmesser gegeben.

Eiserne Senkröhren können eben so, wie die gemauerten Senkbrunnen und die hölzernen Senkkasten verfenkt werden; indess ist in den meisten Fällen, wie oben schon angedeutet wurde, das pneumatische Senkverfahren oder die Luftdruckgründung 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 Fundament-Sohle ein wasserfreier Arbeitsraum mittels gepresster Luft geschaffen; es wird das Wasser mittels Pressluft 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. Es ist hierüber das Nähere in den auf S. 231 u. 232 angeführten Büchern über Grundbau und in den unten ²²⁴⁾ namhaft gemachten Sonderschriften 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 Pressluft eingeführt und dadurch die Röhre wasserfrei gemacht. Nunmehr 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 sämtlich den Vollendungsarbeiten 24 Stunden; ein in solcher Weise hergestellter Fundament-Pfeiler von 2,5 m Durchmesser und 2,5 m Höhe kostete 720 Mark (ca. 900 Francs).

Die Erfahrungen, welche beim Bau der großen Oper in Paris gemacht worden waren (siehe auch Art. 407, S. 286), die Schwierigkeiten, welche sich dort in Folge des starken Grundwasserandranges ergeben hatten, waren hauptsächlich Veranlassung, daß *Baudet*, von dem der Entwurf der Eifen-Constructionen des in Rede stehenden Gebäudes herrührt, die Anwendung der Luftdruckgründung in das Auge faßte; die betreffenden Arbeiten wurden unter der Leitung *Zschokke's* ausgeführt ²²⁵⁾.

²²⁴⁾ GÄRTNER, E. Entwicklung der pneumatischen Fundierungsmethode etc. Wien 1879. (Sonder-Abdruck 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.* Bruxelles 1880.

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

²²⁵⁾ Eingehendere Mittheilungen über diese Gründung ist zu finden in:

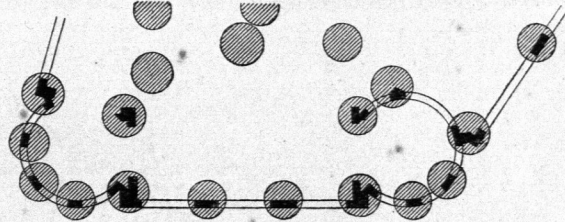
Grands magasins du Printemps à Paris. Encyclopédie d'arch. 1885, S. 1.

DUPRÉ, E. *Les fondations à l'air comprimé. Semaine des conf.*, Jahrg. 6, S. 232.

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

478.
Senkung.

Fig. 747.



Von den *magasins du Printemps* in Paris.
Theil des Fundament-Planes ²²³⁾. — 1/500 n. Gr.

Literatur

über »Senkröhren-Gründungen«.

- WEISE, H. Locomotiv-Haus der Berlin-Potsdam-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 Senkkasten. Baugwks.-Zeitg. 1870, S. 130.
- SCHMIDT, O. Gründung auf Senkkasten. Baugwks.-Zeitg. 1870, S. 113.
- FERRAND, S. *Les fondations à l'air comprimé. Revue industr.* 1881, S. 362.
- FERRAND, S. *Les fondations à l'air comprimé aux nouveaux magasins du Printemps. Gaz. des arch.* 1881, S. 207.
- DUPRÉ, E. *Les fondations à l'air comprimé. Semaine des const.*, Jahrg. 6, S. 232.



Berichtigungen:

- S. 3, zwischen Zeile 23 u. 24 v. u. einzufalten: WOLFRAM, J. L. F. Lehrbuch der gesammten Baukunst. Stuttgart 1833—42.
- S. 13, Zeile 18 v. u.: Statt »senkrecht« zu lesen: »parallel«.
- S. 17, » 12 v. o.: Statt »Portland-Cement-Sand-Mörtel« zu lesen: »Portland-Cement-Beton«.
- S. 75, » 2 v. o.: Statt »her« zu lesen: »an«.
- S. 155, » 16 v. o.: Statt »115.« zu lesen: »125.«.