



UNIVERSITÄTS-  
BIBLIOTHEK  
PADERBORN

## **Verschiedene Konstruktionen**

**Scholtz, Adolf**

**Leipzig, 1900**

Beton- und Mörtelmaterialien.

---

[urn:nbn:de:hbz:466:1-96800](https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:hbz:466:1-96800)

geschieht schnell und sicher. Der Preis eines derartigen Apparates nebst Unterwagen von 7,0 m Länge, nebst Dampfmaschine von vier Pferdekraften, ist 4000 Mark.

### Die Beton- und Mörtelmaterialien.

#### § 31.

Bereits in § 4 dieses Abschnittes wurde der Gründung auf Beton gedacht, einer Methode, welche hauptsächlich bei Wasserbauten zur Anwendung kommt, und zwar da, wo es schwierig erscheint, eine wasserfreie Baugrube herzustellen. Dieselbe findet auch bei Hochbauten vielfach Anwendung.

Geschichtliches. Unter „Beton“ (Konkret, Gußmauerwerk) versteht man ein unter Wasser erhärtendes Gemenge aus Mörtel und Steinstückchen. Schon im Altertum finden sich Spuren dieser Gründungsweise, und Vitruv und Plinius sprechen davon unter dem Namen „Signinum opus“. Nach Vitruv wurden 5 Teile reinen Sandes mit 2 Teilen Kalk gemengt und zu diesem Gemenge noch Steinstücke hinzugefügt, deren Gewicht ein Pfund nicht überschreiten durfte. Plinius schreibt vor, daß der Mörtel aus 5 Teilen feinen Sandes und Kieles und 2 Teilen besten Kalkes bestehen solle, zu dem dann 9 Teile Steine zu mengen seien. Dieses Gußmauerwerk wurde insbesondere zur Darstellung von Cisternen und zum Bau römischer Heerstraßen verwendet.

Die Gründung auf Beton erfordert immer nur geringe konstruktive Anordnungen, dagegen die Auswahl geeigneter Materialien und zweckmäßiger Vorrichtungen zum Bereiten und Versenken des Betons. Diese in neuerer Zeit vielfach angewendete Fundierungsmethode ist für die Praxis von so hervorragender Bedeutung, daß sie eine eingehendere Beschreibung erheischt.

Bei Bereitung des Betons kommt es in erster Linie auf die Beschaffung eines geeigneten Mörtels an; wir haben daher die Materialien, aus denen dieser bereitet wird, vorerst zu behandeln. Derselbe soll hydraulisch sein, d. h. die Eigenschaft haben, im Wasser zu erhärten, im Gegensatz zum Luftmörtel, der zu seiner Erhärtung den Zutritt von Luft erfordert.

Luftmörtel ist nun eine Mischung von Kalkhydrat mit einem Zusatz von Sand; die Verbindung beider ist rein mechanisch und die Erhärtung des Gemenges erfolgt durch Aufnahme von Kohlenäure aus der Luft. Beim hydraulischen Mörtel ist der Prozeß dagegen ein rein chemischer, und es ist dazu das Vorhandensein von Kiesel-erde, welche dem Kalk natürlich oder künstlich beigemischt ist, erforderlich. Unter Zutritt des Wassers bildet sich dann ein Kalksilikat, und der Prozeß wird erleichtert, wenn die Kiesel-erde in Verbindung an andere Mineralkörper gebunden

Breymann, Baukonstruktionslehre. IV. Stere Auflage.

vorkommt. Dies ist nun der Fall beim Thon, der die Kiesel-erde chemisch und mechanisch gebunden enthält und durch das Brennen zu einem bindetfähigen Körper wird. Weitere Beimischungen, welche Einfluß auf die Bildung des Wassermörtels ausüben, sind Eisen- und Manganoxyd, auch Bittererde. Zuweilen kommen diese Stoffe in der Natur im richtigen Verhältnisse gemischt vor, sie bilden dann gebrannt und gelöscht den natürlichen hydraulischen Kalk,<sup>1)</sup> oder es wird eine künstliche Mischung vor dem Brennen vorgenommen, wobei künstlicher hydraulischer Kalk (Cement) als Produkt entsteht.

Der in der Natur vorkommende kohlen-saure Kalk ist nun entweder reiner Kalkstein (wie der Marmor und die meisten dichten Kalksteine), oder es kommen darin mannig-fache Verunreinigungen an Kiesel-erde, Thonerde, Talkerde, Eisen- und Manganoxyd vor, welche bis 50 Proz. der Masse betragen können. Kalksteine, in denen diese Nebenbestandteile nicht mehr als 8 Proz. ausmachen, ergeben beim Brennen den sogenannten fetten Kalk, der durch das Löschen sein Volumen erheblich vermehrt und einen starken Sandzusatz verträgt. Dagegen liefern die Kalk-gesteine mit einer größeren Menge von Nebenbestandteilen einen mageren Kalk, der nicht, wie der fette, in Gruben, sondern durch Besprengen mit Wasser gelöscht wird, wobei er zu Pulver zerfällt. Diese Kalke vergrößern ihr Volumen nicht beim Löschen, sie „gebeihen“ nicht, sind durch Thon- und Bittererde dunkler gefärbt und vertragen keinen so starken Sandzusatz, wie der fette Kalk.

Die hydraulischen Eigenschaften eines Kalkes werden nun vorzugsweise durch das Vorherrschende der Thon-erde bedingt. 10 Proz. Thon und Bittererde geben einen schwach hydraulischen Mörtel; sind 20 bis 30 Proz. beigemischt, so löst er sich noch gut und ist als Wasserfall auch unpulverisiert noch zu brauchen. Er verträgt einen starken Sandzusatz.

Beträgt der Thonerdegehalt einschließlich der chemisch gebundenen Kiesel-erde 30 bis 40 Proz., so muß das Gestein in der Regel schon künstlich zerkleinert, d. h. gemahlen werden. Steigt der Thonerdegehalt endlich über 50 Proz., so bedarf solch magerer Kalk zur Bildung von Mörtel sogar der Beimischung von fettem Kalk.

#### § 32.

### Romancement. Portlandcement.

Hydraulische Kalke giebt es an verschiedenen Orten, von besonderer Güte ist aber der in § 31 erwähnte, aus England bezogene und in Norddeutschland vielfach angewendete Romancement — in Frankreich „Ciment naturel“

1) Die von dem Engländer Parker 1796 im London-Clay entdeckten und zu Romancement verarbeiteten Kalksteinmieren gehören beispielsweise zu den natürlichen hydraulischen Kalken.

oder „Ciment Romain“. — Er wird aus Leſesteinen (Mergelnieren), welche in der Nähe der Insel Sheppey und an der Themsemündung im sogenannten London clay gefunden werden, gebrannt. Nach dem Brennen wird er gemahlen und kommt als ein braunes, sehr sorgfältig in Tonnen verpacktes Pulver in den Handel. Derselbe ist vor der Berührung mit der Luft zu schützen, wenn er nichts von seiner Bindkraft verlieren soll. Man kann ihn zwar ohne Sandzusatz verwenden, doch will man die Bemerkung gemacht haben, daß der Cement rascher erhärtet, wenn man ihm etwas reinen, scharfen Sand zusetzt. Ein Zusatz von mehr als der Hälfte Sand scheint die Güte des Mörtels nicht zu beeinträchtigen. Den Mörtel aus diesem Cement darf man nur unmittelbar vor seiner Verwendung bereiten, denn er erhärtet noch weit rascher als der aus Traß bereitete hydraulische Mörtel.

Ein guter Romancementmörtel ist nicht nur undurchdringlich für das Wasser, sondern er hält sich ebenso gut an der Luft, wo er abwechselnd naß wird und den Sonnenstrahlen ausgesetzt ist, eine Probe, die der Traßmörtel nicht besteht. In Hamburg sind ganze Häuserfassaden mit Romancement gepuzt worden und gewähren bei guter Ausführung große Dauer.

Das von Parker eingeschlagene Verfahren der Cementbereitung durch Zerkleinern, Brennen und nachheriges Pulverisieren des natürlichen Kalksteines hat bekanntlich eine große Nachahmung gefunden, indem die dafür geeigneten Kalksteine auch an anderen Orten vorkommen. So fand Lesage, sechs Jahre nach Parkers Entdeckung, in den Geröllen am Strande von Boulogne ein Material, welches dem Sheppesstone in der Zusammensetzung ähnlich war und einen vortrefflichen Romancement lieferte. — Bekannt sind auch der Romancement von Pilsberge bei Dsnabrück, von Kuffstein in Tirol u. a. m.

Da die Kalksteinarten, welche den Romancement liefern, jedoch nicht so allgemein verbreitet sind, wie Thon und kohlenaurer Kalk, lag es nahe, daß man Versuche anstellte, um durch künstliche Mischung beider Materialien einen Cement herzustellen, der dem Romancement an Güte gleichkäme. Solche Versuche unternahm Vicat 1818, Chambers 1821, Frost 1822, doch ohne sonderliche Erfolge.

Im Jahre 1824 ließ sich John Aspdin in Leeds ein Patent auf einen Cement geben, den er durch Brennen einer Mischung aus gelöschtem Kalk und Thon gewann. Er hatte im Aussehen und in der Härte einige Ähnlichkeit mit dem in London als Baustein gebräuchlichen Portlandstein und erhielt daher von dem Erfinder den Namen **Portlandcement**, der seitdem für die künstlich hergestellten Cemente allgemein angenommen ist; in Frankreich heißt er „Ciment Portland“. Es verging jedoch noch längere Zeit und gehörten mancherlei Erfahrungen dazu, ehe es

geling, einen so vorzüglichen Cement zu erzeugen, wie er jetzt von den renommierten Fabriken geliefert wird.

Bei der Fabrikation werden die Rohmaterialien, nämlich kohlenaurer Kalk und kieselaurer Thon, meist im Verhältnis von 70 : 30 (im trockenen Zustande) gemahlen und geschlämmt und durch nochmaliges Schlämmen oder durch mechanische Mittel innig gemischt. (Zur Sicherstellung des Verhältnisses zwischen Thon und Kalk ist eine chemische Analyse unerläßlich.) Aus der Schlämme fließt der Rohcement in die Ablagerungsbassins, wo er so lange steht, bis das Wasser verdunstet; nun wird die teigartige Masse ziegelförmig herausgestochen, getrocknet und dann in Brennöfen gebrannt. Die Hitze muß so groß sein, daß die kieselaurer Thonerde aufgeschlossen und die Kohlenäure des Kalkes vollständig ausgetrieben wird. — Alkaliarmen Rohmaterialien muß noch ein Flußmittel (zur Beförderung des Zusammensinterns) zugefügt werden.

Das gar gebrannte Material kommt zunächst auf die Zerkleinerungsmaschine (Hartgußwalzen) und dann auf die Mahlgänge, wo es so fein als möglich gemahlen und zum Schluß gesiebt wird.

Das fertige Fabrikat ist ein scharfes, krytallinisches Pulver von grünlichgrauer Farbe; sein schnelles oder langsameres Binden hängt von der Zusammensetzung und dem Grade des Brennens ab. Im allgemeinen gelten die langsam bindenden Cemente für geeigneter zur Herstellung eines festen Mörtels, als die schnell bindenden.

Loſe gemessen wiegt ein Hektoliter Portlandcement 120 kg; bei der Verpackung in Tonnen wird die Masse im Verhältnis von 5 : 4 verdichtet.

Für die einheitliche Lieferung und Prüfung von Portlandcement sind im Jahre 1877 auch für Deutschland giltige „Normen“ aufgestellt worden. Wir geben untenstehend die mittels Erlass vom 10. November 1878 vom Königl. Preussischen Ministerium für Handel, Gewerbe und öffentliche Arbeiten aufgestellten Normen.<sup>1)</sup>

1) **Normen** für die einheitliche Lieferung und Prüfung von Portlandcement, aufgestellt von dem königl. preussischen Ministerium für Handel, Gewerbe und öffentliche Arbeiten mittels Erlass vom 10. November 1878.

I Das Gewicht der Tonnen und Säcke, in welchen Portlandcement in den Handel gebracht wird, soll ein einheitliches sein; es sollen nur Normaltonnen von 180 kg brutto und 170 kg netto, halbe Tonnen von 90 kg brutto und 83 kg netto, sowie Säcke von 60 kg Bruttogewicht von den Fabriken gepackt werden.

Streuverlust, sowie etwaige Schwankungen im Einzelgewicht können bis zu 2 Proz. nicht beanstandet werden.

Die Tonnen und Säcke sollen die Firma der betreffenden Fabrik und die Bezeichnung des Bruttogewichtes mit deutlicher Schrift tragen.

II. Je nach der Art der Verwendung ist Portlandcement langsam oder rasch bindend zu verlangen.

Portlandcement wird durch längeres Lagern langsamer bindend und gewinnt bei trockener, zugfreier Aufbewahrung an Bindekraft.

Die Bindekraft soll durch Prüfung einer Mischung von Cement und Sand ermittelt und mit richtig konstruierten Zerreißungsapparaten vorgenommen werden. Sehr umfangreiche Versuche über die Festigkeit der Cemente hat Dr. Michaelis in Berlin angestellt (siehe dessen Broschüre „Zur Beurteilung des Cementes“. Berlin 1876). Die größte Zugfestigkeit, die er beim besten Cement ohne Sandzusatz beobachtete, betrug circa 100 kg pro Quadrat-

Für die meisten Zwecke kann langsam bindender Cement angewandt werden, und es ist diesem dann wegen der leichteren und zuverlässigeren Verarbeitung und wegen seiner höheren Bindekraft immer der Vorzug zu geben.

Als langsam bindend sind solche Cemente zu bezeichnen, welche in einer halben Stunde oder in längerer Zeit erst abbinden.

III. Portlandcement soll volumenbeständig sein. Als entscheidende Probe soll gelten, daß ein dünner, auf Glas oder Dachziegel ausgegossener Klumpen von reinem Cement unter Wasser gelegt auch nach längerer Beobachtungszeit durchaus keine Verkrümmungen oder keine Kantentrübe zeigen darf.

IV. Portlandcement soll so fein gemahlen sein, daß eine Probe desselben auf einem Siebe von 900 Maschen pro Quadratcentimeter höchstens 20 Proz. Rückstand hinterläßt.

V. Die Bindekraft von Portlandcement soll durch Prüfung einer Mischung von Cement und Sand ermittelt werden. Daneben empfiehlt es sich, zur Kontrolle der gleichmäßigen Beschaffenheit der einzelnen Lieferungen, auch die Festigkeit des reinen Cementes festzustellen. Die Prüfung soll auf Zugfestigkeit nach einheitlicher Methode geschehen und mittels Probekörper von gleicher Gestalt und gleichem Querschnitt und mit gleichen Zerreißungsapparaten. Die Zerreißungsproben sind an Probekörpern von 5 qm Querschnitt der Bruchfläche vorzunehmen.

VI. Guter, langsam bindender Portlandcement soll bei der Probe mit 3 Gewichtsteilen Normaland auf ein Gewichtsteil Cement nach 28 Tagen Erhärtung — 1 Tag an der Luft und 27 Tage unter Wasser — eine Minimalzugfestigkeit von 10 kg pro Quadratcentimeter haben.

Bei einem bereits geprüften Cement kann die Probe, sowohl des reinen Cements als des Cements mit Sandmischung, als Kontrolle für die gleichmäßige Güte der Lieferung dienen.

Der Normaland wird dadurch gewonnen, daß man einen möglichst reinen Quarzsand wäscht, trocknet, durch ein Sieb von 60 Maschen pro Quadratcentimeter sibt, dadurch die größten Teile ausschleibt und aus dem so erhaltenen Sand mittels eines Siebes von 120 Maschen pro Quadratcentimeter noch die feinsten Teile entfernt.

Die Probekörper müssen sofort nach der Entnahme aus dem Wasser geprüft werden.

Cement, welcher eine höhere Festigkeit als 10 kg pro Quadratcentimeter zeigt (siehe oben), gestattet in den meisten Fällen einen größeren Sandzusatz und hat, aus diesem Gesichtspunkte betrachtet, sowie wegen seiner größeren Festigkeit bei gleichem Sandzusatz, Anrecht auf einen entsprechend höheren Preis.

Bei schnell bindenden Portlandcementen ist die Zugfestigkeit nach 28 Tagen im allgemeinen eine geringere als die oben angegebene.

centimeter Querschnitt nach einem Jahre Erhärtung unter Wasser, und man darf jeden Cement, der in diesem Alter 70 kg pro Quadratcentimeter trägt, als vorzüglich bezeichnen.

Beim Mörtel aus Portlandcement und Sand ist die Hauptsache der Erhärtung in 3 Monaten abgewickelt, sie nimmt nach 6 Monaten nicht mehr wesentlich zu und ist mit Jahresfrist so weit beendet, daß ein Zuwachs fast nicht mehr nachzuweisen ist. Über das Mischungsverhältnis der Cementmörtel hat Dr. Michaelis Verhältniszahlen ermittelt. Danach kann man noch eine Mischung von Portlandcement mit 8 Teilen Sand anwenden, aber er fällt zu „kurz“ aus, es fehlt ihm die Plasticität. Diese kann jedoch durch Zusatz von etwas gelöschtem Kalk erreicht werden. Am besten ist es dabei, die trockene Mischung von Cement und Sand mit Kalkmilch abzuarbeiten und der Kalkmilch nur so viel Kalkbrei zuzusetzen, als notwendig ist, um den Mörtel bildsam zu machen.

Cementmörtel soll nach Dr. L. Erdmenger so trocken wie möglich verarbeitet werden, weil die Festigkeit mit der Verringerung des Wasserzuges zunimmt, indem der Cement sich dann dichter ablagert.

### § 33.

#### Puzzolane, Traß- und Traßmörtel.

Bei den künstlichen Cementen werden die Stoffe, welche die zu einem hydraulischen Mörtel erforderlichen Elemente enthalten, vor dem Brennen beigemischt, dann gemeinschaftlich gebrannt und hierauf zu Pulver zerkleinert. Im Gegensatz dazu ist das Verfahren bei der Darstellung sogenannter hydraulischer Mörtel ein abweichendes, indem hierbei gewöhnlicher fetter Kalk verwendet und dieser durch Beimischung gewisser Bestandteile geschickt gemacht wird, unter Wasser zu erhärten. Solche Zusätze sind: die Puzzolane, die Santorinerde und der Traß, ferner Ziegelmehl, auch Asche und Schlacken von Steinkohlen.

Die Puzzolane ist ein vorzüglicher vulkanischer Tuff, welcher in Italien am Abhange des Apennin, an den Ufern der Tiber, vorzugsweise aber am Fuße des Vesuv (bei Puzzuoli) gefunden wird und schon von den Römern statt des Sandes als Zusatz zum Mörtel benutzt wurde. Sie ist eine zerreibbare, meistens gelbbraune Masse und besteht aus 44,5 Kieseelerde; 15 Thonerde; 8,8 Kalk; 4,7 Magnesia; 1,4 Kali; 4,1 Natron; 12,0 Eisen- und Titanoxyd; 9,2 Wasser.

Die Santorinerde ist ebenfalls ein vulkanisches Produkt (von der griechischen Insel Santorin), welches dort gegraben und ohne weiteres zur Mörtelbereitung benutzt wird. Sie ist hell graugelb oder rötlich und hat

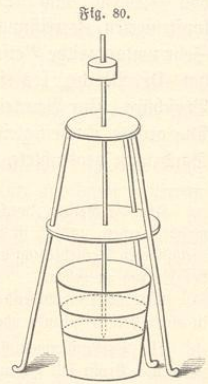
bei den Hafenhauten zu Triest und Fiume ausgedehnte Anwendung gefunden.

Der Traß wird aus dem festen vulkanischen Tuffstein gewonnen, dessen weitaus größtes Lager sich im Mettetal bei Andernach a. Rhein befindet, während im Brohlthal nur noch relativ geringe Massen von Brohl aus große Quantitäten von sogenanntem Brohler Bergtraß (Tuffasche, welche zu beiden Seiten des Thaies in mächtigen Lagern vorkommt) in den Handel gebracht. Der beste Traß kommt in den untersten Lagen vor und muß durch Sprengung mit Pulver gewonnen werden. Er wird zur Mörtelbereitung verwendet und ist ein gesuchter Handelsartikel. Die oberen Lagen des Trasses haben einen viel geringeren Wert und werden jetzt meistens zum Ausmauern der Fachwerkwände verwendet. Eine dritte Art des Vorkommens ist die in Form von Sand, also im schon zerkleinerten Zustande. Der feste, zuerst erwähnte Traß ist der beste und heißt deshalb auch „echter Traß“, während die oberen, weichen Sorten und der erwähnte Sand, welche auch wohl hie und da zur Mörtelbereitung verwendet werden, aber ein bei weitem geringeres Material liefern, „wilder Traß“ genannt wird.

Der Traß enthält vielfach andere Materialien eingeprengt, namentlich Thonschieferstücke von verschiedener Größe, Bimsstein und Holzkohle. Die Farbe variiert vom Grauen ins Braune und geht oft in ein helles Blau über, letzteres jedoch nur, wenn die Stücke vorher ganz ausgetrocknet waren. Um den Traß mit einiger Sicherheit beurteilen zu können, darf er noch nicht pulverisiert sein, sondern man muß ganze Stücke der Prüfung unterwerfen. Die Stücke müssen, wenn der Traß das Prädikat gut erhalten soll, möglichst fest sein, sich namentlich an den Ecken und Kanten nicht leicht abbrechen, noch weniger dürfen sich aber kleine Stücke zwischen den Fingern zerreiben lassen; auch muß er rein von den genannten Einsprengungen sein und sich „scharf“ anföhlen. Häufig giebt man dem grauen Traß den Vorzug vor dem braunen und schätzt den hellblauen am höchsten; aber die Farbe allein ist kein sicheres Kennzeichen. Hat man pulverisierten Traß zu untersuchen, so beurteilt man denselben nach dem Niederschlag im Wasser und hält den für den besten, der sich rasch und vollständig niederschlägt und keine verschiedenen Schichtungen erkennen läßt. Doch auch diese Probe ist wenig zuverlässig, weil auch der wilde Traß, wenn er sonst nur rein ist, sich kaum von dem echten unterscheiden läßt.

Das sicherste Verfahren zur Prüfung des Trasses bleiben immer direkte Versuche über seine Bindekraft, wenn man ihn als Mörtel verarbeitet. Die in Frankreich üb-

liche Methode der Prüfung besteht im folgenden: man füllt mit einer Quantität des frisch bereiteten Mörtels ein gewöhnliches Trinkglas etwa bis zur Hälfte und schüttet dann vorsichtig Wasser darüber. Zur Vornahme der eigentlichen Probe dient der Apparat Fig. 80, bestehend aus einem kleinen, dreibeinigen Boock mit zwei parallelen horizontalen Böden, und aus einem zu diesen Böden vertikal geföhrt, etwa 3 mm starken Stahlstift, der unten zugespitzt und oben mit einem Gewicht von 0,5 kg beschwert ist. Nach Verlauf von 24 Stunden, nachdem man den Mörtel, wie beschrieben, in das Glas geföhlt hat, wird derselbe der ersten Probe unterworfen, indem man das Glas unter den Boock bringt und die Stahlspitze auf die Oberfläche des Mörtels wirken läßt, und aus der Geschwindigkeit und Tiefe des Eindringens derselben auf die Güte des Mörtels schließt. Ein „vorzüglicher“ Mörtel läßt schon nach dieser kurzen Zeit die Nadel gar nicht mehr eindringen. Braucht er 48 Stunden Zeit, um diesen Widerstand zu leisten, so heißt er nicht mehr „stark hydraulisch“, und wenn er einen Monat gebraucht, um zu erhärten, so nennt man ihn „schwach hydraulisch“, und bleibt er endlich nach dieser Zeit noch weich, so fehlt ihm die Eigenschaft, unter Wasser zu erhärten, in dem gewöhnlichen Sinne ganz, und er wird nicht mehr zu den hydraulischen Mörteln gerechnet. Diese Prüfungsmethode giebt jedenfalls ein Mittel an die Hand, die Güte verschiedener Mörtel gegenseitig zu beurteilen und bei der Bereitung das beste Verhältnis der Mischung auszumitteln.



Bei dem im Jahre 1877 für die Harburger Hafenschleufe gelieferten Traß ist als Bedingung vorgeschrieben worden, daß Druckproben mit Würfeln von 10 cm Seite aus 2 Volumteilen Traß und 1 Volumteil Zement nach 40 tägiger Erhärtungsdauer (1 Tag in der Luft und 39 Tage im Wasser) die Festigkeit von 1700 kg (17 kg pro Quadratcentimeter) bei 15° R. aufweisen sollten.<sup>1)</sup>

Der echte Traß wird in größeren Stücken gebrochen und dann in Stampfwerken oder zwischen Mühlfleinen zerkleinert. Das Zerkleinern muß immer unter genauer Kontrolle geschehen, damit die Güte des Materiales außer Zweifel ist. Man geht daher am sichersten, wenn man bei bedeutenden Bauten, wo eine große Quantität gebraucht wird, das Zerkleinern auf der Baustelle selbst vornehmen läßt. Die Arbeit ist aber sehr beschwerlich, weil der Traß außerordentlich hart ist, doch wird in Holland, wo man sehr

1) Vergl. Deutsche Bauzeitung 1878, S. 273.

viel von diesem Material verbraucht, derselbe nur in Stücken eingeführt.

Zum reinen Traßmörtel, der keinen Zusatz von Sand erhält, nimmt man gewöhnlich auf eine Kubikeinheit Kalkbrei zwei Kubikeinheiten pulverisierten Traß; doch hängt das jedesmalige Mischungsverhältnis von der Güte des Kalkes ab, und man geht am sichersten, wenn man dieses Verhältnis durch direkte Versuche ermittelt. Versuche haben ergeben, daß der gute Traßmörtel einen geringen Zusatz von reinem scharfen Sande sehr wohl tragen kann, und wenn das damit aufzuführende Mauerwerk nicht immer unter Wasser bleibt, so versetzt man den Traß zur Hälfte mit Sand; und solchen Mörtel, den man wohl verlängerten Traßmörtel nennen kann, hält man zu Mauerwerk über Wasser für noch geeigneter als den reinen Traß ohne Sandzusatz.

## § 34.

Die Bereitung des Traßmörtels geschieht auf die Art, daß man zuerst, nachdem Kalk und Traß in dem bestimmten Verhältnis abgemessen sind, auf einem dichten Dielenboden eine Lage Kalkbrei ausbreitet und dann den Traß unter fortwährendem Durcharbeiten mit der Kalkfrücke nach und nach zusetzt. Den besten Mörtel erhält man, wenn bei der Bereitung möglichst wenig Wasser zugefügt wird, doch ist alsdann die Arbeit sehr beschwerlich und ermüdend, während ein größerer Wasserzusatz dieselbe erleichtert.

Wenn sehr große Mörtelmengen zu bereiten sind, wie dies bei Betonbereitung gewöhnlich der Fall zu sein pflegt, so bedient man sich häufig der Mörtelmaschinen. Im allgemeinen haben diese gegenüber der Bereitung aus freier Hand den Nachteil, daß bei den Maschinen mehr Wasser zugefügt werden muß, wodurch der Mörtel leicht an Güte und besonders leicht an der Eigenschaft verliert, in sehr kurzer Zeit unter Wasser zu erhärten. Die Mörtelmaschinen bestehen gewöhnlich aus hohlen Cylindern von Holz oder Eisenblech, welche um ihre Achse gedreht werden oder auch feststehen und innerhalb eine bewegliche Achse haben. Die Mischung des Kalkes mit dem Traßpulver wird dann durch bewegliche und feststehende Messer im Innern des Cylinders bewirkt, zwischen welchen die Masse hindurchgetrieben wird. Näher auf diese Maschinen hier einzugehen, verbietet der Raum, und wir verweisen in dieser Beziehung auf das Hagen'sche Werk, in welchem mehrere derselben beschrieben sind.

Der fertige Mörtel wird möglichst rasch verarbeitet, weil er schon wenige Stunden nach seiner Bereitung merklich zu erhärten anfängt.

Man hat häufig Versuche gemacht, den immer ziemlich teuren Traß durch Surrogate zu ersetzen, und am

meisten Ziegelmehl benutzt, zuweilen aber auch besonders feine Thonerde zu diesem Zwecke eigens gebrannt; doch bleiben dergleichen Versuche immer gewagt, und bis jetzt hat es noch nicht gelingen wollen, den Traß durch ein anderes Material bei der Bereitung von hydraulischem Mörtel aus gewöhnlichem fetten Kalle zu ersetzen.

## § 35.

Mächt der Mörtelbereitung erfordert auch die Auswahl der Steine, welche man zum Beton verwenden will, große Aufmerksamkeit. Sie sollen eine möglichst rauhe Oberfläche zeigen und möglichst scharfkantig sein, doch werden diese Eigenschaften nicht als notwendig zur Erhärtung erachtet, da man in England den Beton gewöhnlich aus Flußkies darstellt, dessen Steine, wie alle Flußgeschiebe, mehr oder weniger sphärische Gestalten zeigen. Endlich müssen die Steine an sich eine hinlängliche Festigkeit besitzen, um ein festes Mauerwerk zu geben. Vor der Vermengung werden die Steine stark mit Wasser genäßt, um dem Mörtel das zum Erhärten nötige Wasser nicht zu entziehen. Diese Vorsicht ist besonders dann nötig, wenn die Steine das Wasser begierig einsaugen, wie z. B. Backsteine und einige Sandsteinarten. Letztere eignen sich besonders gut zur Betonbereitung, doch sind auch Granit, Granwacke und die festeren Arten Kalkstein brauchbar. Man hat auch Backsteine zu diesem Zwecke besonders scharf brennen und dann in passende Stücke schlagen lassen. Wenn man den Mörtel abgefondert bereitet, so werden die Steine gewöhnlich in möglichst gleicher Größe (nicht über 5 cm im Durchmesser) verlangt, obgleich die Engländer gerade umgekehrt es als eine Bedingung der Brauchbarkeit des Kieles aufstellen, daß die Steine von möglichst großer Verschiedenheit in Beziehung auf ihre Größe sein müssen. Bei letzterem Material muß der Kies aber auch den Sand zum Mörtel ersetzen, was bei der obigen Bereitungsart nicht nötig ist, weshalb bei dieser die Bedingung der gleichen Größe der Steine immer ratfam bleiben möchte, um nicht zu kleine, leicht zerbröckelnde Steine in die Masse zu bekommen.

Um das richtige Verhältnis der Steine zum Mörtel zu bestimmen, kann man auf die bekannte Weise die Größe des kubischen Inhaltes der Zwischenräume zwischen einer bestimmten Qualität Steine ausmitteln und diesen als Maß des hinzuzusetzenden Mörtels annehmen. Bei den Betonfundierungen der Schleusen an der Ruhr hat man zu 12 Kubikeinheiten Steinbrocken 6 Kubikeinheiten Mörtel hinzugesetzt und daraus 13 Kubikeinheiten Beton erhalten. Hiernach wären z. B. zu 100 cbm Beton 94 cbm Steine und 46 cbm Mörtel erforderlich. Bei dem Schleusenbau zu St. Valery an der Somme nahm man zu einem Kubikmeter Beton 0,87 cbm Steine und 0,45 cbm Mörtel.

In London benutzt man zur Betonbereitung, wie schon erwähnt, den aus der Themse gebaggerten Kies aus kleineren und größeren Stücken unter Zusatz von hydraulischem Kalk. Ein häufiger vorkommendes Mischungsverhältnis ist das von 5 Teilen Themsekies auf 1 Teil hydraulischen Kalk, doch geht man auch darunter.<sup>1)</sup> Als beste Mischungsart hat man dort folgende anerkannt: Man mischt den gemahlener Kalk trocken mit dem Kiese recht sorgfältig und schüttet dann die erforderliche Menge Wasser zu; dann schippt man die Masse zwei bis dreimal um und verbraucht sie sofort. Sobald der frisch bereitete Beton in die Baugrube geworfen ist, tritt durch das Löschen des Kalkes eine Bewegung der Masse ein, so daß Kalk und Wasser nicht mehr Raum einnehmen, als der Kalk allein, wodurch ein dichteres Lagern des Kiesel bewirkt wird. Der Wasserzusaß soll auch bei den hydraulischen Kalken so gering als möglich sein.

Als Beispiele von Betonmischungen in Deutschland führen wir folgende an:

Eisenbahnbrücke über die Weichsel bei Thorn: 1 Raumteil (Stettiner) Portlandcement, 3 Raumteile scharfer Mauerand, 5 Raumteile Steinschlag. (Zeitschrift für Bauwesen 1876.)

Hellingsbauten in Kiel: 100 Teile Schotter, 43,6 Teile Mörtel, bestehend aus 1 Teil Cement, 1,4 Teilen Sand.

Rheinbrücke bei Wesel: Zu 1 cbm Beton sind verwendet 0,75 cbm Steinschlag, 0,19 cbm Kies, 0,456 cbm Mörtel aus 1 Teil Kalkpulver, 1 Traß, 1 1/2 Sand.

Zu der Regel rechnet man auf 2 Raumteile Steinbrocken 1 Teil Mörtel; die Betonmasse wird dann etwa 1/10 größer als das Volumen der Steinbrocken. 1 cbm Beton erfordert also 0,90 cbm Steine und 0,45 cbm Mörtel.

Die Festigkeit des Betons wird etwa derjenigen des Mörtels gleichgesetzt, doch nimmt man sie auch geringer als diese an, zu etwa 5 kg pro Quadratcentimeter.

### § 36.

#### Das Mischen des Betons.

Der Beton kann auf zweierlei Weise bereitet werden. Entweder mengt man, wie in England häufig geschieht, Kalk, Sand und Steine gleichzeitig und verarbeitet sie gemeinschaftlich unter Zusatz von Wasser, oder man stellt zunächst den Mörtel her und mengt diesen dann mit Steinresten. Die letztere Methode ist auf dem Kontinent gebräuchlicher, bietet auch größere Sicherheit für die Güte

<sup>1)</sup> So hat man beim Bau des Zuchthauses in Westminster mit 8 Teilen Kies und 1 Teil Kalk noch ein gutes Resultat erzielt, obgleich die 7 (engl.) Fuß mächtige Betonlage noch unter der höchsten Hut lag.

des Betons, weil dabei eine innige Mischung der Materialien zu erreichen ist.

a) Das Mörtelmischen geschieht entweder mit der Hand oder durch Mörtelmaschinen.

Mörtelmaschinen sind entweder nach Art der Thonschneider konstruiert, welche aus einer vertikalen Trommel von Holz oder Eisen bestehen, worin die Mörtelmaterialien durch eine mit Messern oder Armen versehene vertikale Welle gemischt werden. Man hat dergleichen mit Pferde- und Maschinenbetrieb. Oder es werden eiserne Rechen in einer horizontalen ringförmigen Grube um eine vertikale Achse bewegt. Endlich hat man Einrichtungen in Form der Mahlgänge, bei denen bewegliche Mühlschnecken angewendet werden, die durch Druck wirken und so die Mischung der Sandkörner mit den Kalkteilen befördert.

Größere Aufmerksamkeit als der Kalkmörtel erfordert die Anfertigung der Cementmörtel, denn hier muß die Mengung eine besonders innige sein, auch das vorgeschriebene Verhältnis zwischen Cement und Sand genau innegehalten werden. In Frankreich wird bei kleineren Verbrauchsmengen der Cement und der Sand auf kleinen, mit seitlichem Rande versehenen Tischen ausgebreitet und mit einer Mauerkelle gut bearbeitet. Hierbei kann die Mischung in kurzer Zeit geschehen, ehe das Binden des Cementes beginnt. Der so fertig gemischte Mörtel fällt dann in einen untergestellten Eimer und wird zum Verwendungsort getragen.

b) Auch die Bereitung des Betons aus gehörig präpariertem Mörtel und Steinbrocken wird vielfach durch Handarbeit bewirkt, weil viele Ingenieure dieser Bearbeitungsmethode den Vorzug vor der Mischung in Betonmaschinen geben. Kleinere Mengen Beton werden stets durch Handarbeit bereitet, indem auf einem Bretterboden die vorher angefeuchteten Steine in Portionen von 0,3 bis 0,4 cbm regelmäßig ausgebreitet werden, so daß sie eine niedrige Schichte bilden; auf diese wird der Mörtel dann in kleineren Portionen nachgeworfen und mit Schaufeln oder eisernen Rechen so lange durchgearbeitet, bis die Steine vollständig mit Mörtel umhüllt sind. Diese Arbeit ist schwierig, weil dem Mörtel nur wenig Wasser zugesetzt werden darf, um dessen Bindekraft und Erhärtungsfestigkeit nicht zu verringern, namentlich in Fällen, wo Cementmörtel zur Anwendung kommt.

Eine ältere Methode der Bearbeitung ist diejenige in sogenannten Fallwerken (Fig. 81), d. h. hölzernen Gerüsten, in welchen schräg gestellte Bretterwände übereinander angebracht sind, in solcher Anordnung, daß die oben eingebrachten Materialien von der ersten auf die zweite, dritte u. s. w. Abteilung fallen und unten fertig gemischt ankommen.

Zur Anfertigung großer Betonmassen bedient man sich der Maschinen, und zwar pflegt in der Regel mit der

Fig. 81.

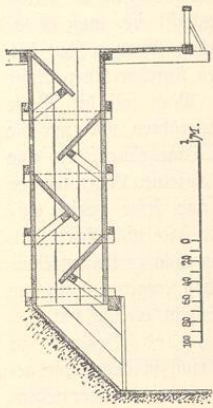
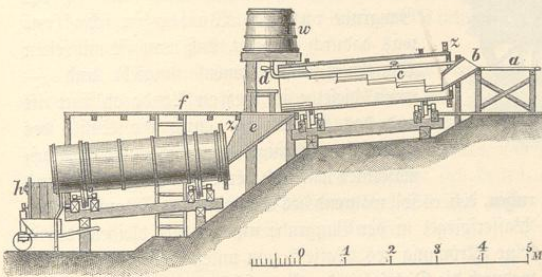


Fig. 82.



Hier bestand die Mörtel- wie die Betonmaschine aus einer hölzernen Trommel von 94 cm Weite und 3,77 m Länge. Sie waren gegen den Horizont um  $\frac{1}{12}$  geneigt. Die Wandungen beider Trommeln bestanden aus 5 cm starken Stäben, und zwar diejenigen der Betontrommel aus Eichenholz. Sie wurden — wie die Fässer — durch starke eiserne Reifen zusammengehalten. Jede Trommel hatte zwei solche Reifen, die auf Frictionsrollen umliefen, während die Trommeln selbst durch Triebwerke in Bewegung gesetzt wurden und in der Minute sechs Umdrehungen machten.

Der in der oberen Trommel bereitete Cementmörtel wurde gemischt aus 3 Teilen Portlandcement und 1 Teil Sand. Zum Abmessen dienten flache Kästen; diese wurden auf den Tisch a, Fig. 82, gestellt und von einem Arbeiter in den Trichter b geschüttet. Zunächst wurden Sand und Cement trocken gemischt und wenn die Mischung die Hälfte der Trommellänge durchlaufen hatte, ließ man Wasser aus dem Behälter w durch ein Rohr mit Hahn

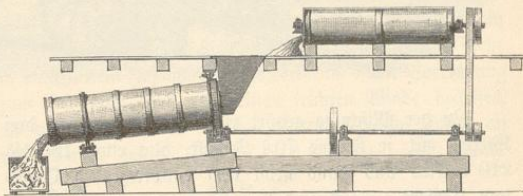
in die Trommel einströmen und bei c auf die Mischung niederträufeln. Der Wasserzutritt wurde durch einen Arbeiter, je nach der Konsistenz des austretenden Mörtels, reguliert.

Dem auf die geneigte Ebene e fallenden Mörtelgemisch wurde hier der nötige Steinerschlag zugefügt und die Steine in Handkarren herangefahren, nachdem vorher alle erdigen Bestandteile durch Auswaschen unter einer Pumpe entfernt worden waren. Diese Karren enthielten je 60 l Inhalt, wurden auf die Rüstung f gehoben, der halbe Karreninhalt (30 l) periodisch auf die geneigte Ebene a gestürzt und dem aus der oberen Trommel fließenden Mörtel zugefügt. Mörtel und Steine vermengten sich beim Durchlaufen der unteren Trommel vollständig, so daß die Betonmasse eine durchaus gleichmäßige war.

Aus der unteren Trommel endlich fiel der Beton auf eine drehbare Klappe h und von dieser in einen darunter gestellten Schubkarren. Bei regelmäßigem Gange lieferte die Maschine stündlich 11 cbm fertigen Beton.

Da ein sehr starker Verschleiß der eichenen Trommeln stattfindet, empfiehlt es sich, die Trommeln statt aus Holz aus Gußeisen oder Eisenblech zu konstruieren.

Fig. 83.



Die bekannte Firma Bünger & Leyrer in Düsseldorf fertigt seit Jahren derartige Betonbereitmungsmaschinen an. Die Anordnung ist verwandt und in Fig. 83 zur Darstellung gebracht.

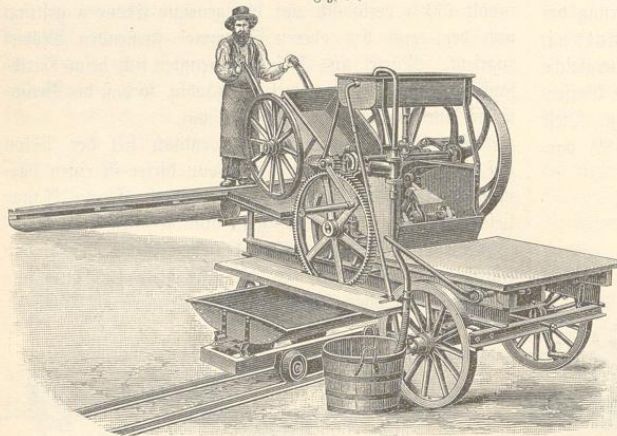
Die Mörtelmaschine steht auf der oberen Plattform und so hoch, daß der darin hergestellte Mörtel durch den im Durchschnitt angedeuteten Trichter beständig in die darunter aufgestellte Betontrommel fällt, wobei gleichzeitig Steinerschlag (Kies) unter entsprechendem Wasserzufluß aufgegeben werden muß. Hierbei rotiert die Betontrommel um ihre Längsachse und am unteren Ende der Trommel fließt der fertige Beton in bereitgehaltene Transportgefäße, wie dies durch vorstehende Figur veranschaulicht wird.

Die Betriebsmaschine wird in der Regel auf der unteren Plattform aufgestellt.

Diese Betonbereitmungsmaschinen liefern pro Tag 120 bis 140 cbm fertigen Beton und die Kosten der kompletten Anlage belaufen sich auf 1500 Mark.

Fig. 84 zeigt endlich die der Firma Büniger & Leyrer in Düsseldorf patentierte, fahrbare und stationäre Beton- und Mörtelmischmaschine. Diese Maschinen werden auf das Solideste gebaut, und da die Mischung auf mechanischem Wege geschieht, ist man dabei unabhängig von der Verlässlichkeit der Arbeiter. — Zur Bedienung der Maschine wird nur ein Mann erfordert, wobei das Einfüllen mittels Schubkarren geschieht, die sich nach vorn überfüllen lassen.

Fig. 84.



Zu der Mischung gehört etwa der Inhalt von drei Karren mit je 60 bis 70 l Inhalt, also etwa 180 bis 210 l Kies und Sand nebst dem entsprechenden Quantum Cement. Sand und Cement werden zuerst in der Trommel trocken gemischt und darauf erst der Kies (Steinschlag) in dem vorgeschriebenen Mischungsverhältnis und das nötige Wasser zugefügt. Der fertige Beton fällt aus der Mischtrommel direkt in einen darunter gestellten Betonwagen und geschieht die Abfuhr am besten mittels drehbarer Mulden-Kippwagen. Zwecks regelmäßiger Zufuhr der Betonmaterialien und Abfuhr des Betons empfiehlt sich die Anlage von Gleisen (und Drehscheiben), wie aus Fig. 84 zu ersehen.

Diese Maschine liefert bei bester Mischung nur ein mäßiges Quantum Cement, nämlich pro Stunde 6 bis 8 cbm.

## § 37.

Nach der Darstellung der Betonmasse kommt es darauf an, dieselbe auf die Sohle der Baugrube zu bringen, wenn nicht etwa die Vereitung auf dieser selbst geschieht. Die Engländer pflegen den Beton auf Dielen oder in Kutschen, welche nach der Baugrube zu ein starkes Gefälle haben, in diese hinabzuwerfen, damit durch die Erschütterung des

Fallens die einzelnen Teile näher aneinander getrieben werden und die Masse kompakter wird. Sobald der Beton an den Ort seiner Verwendung geschafft ist, muß er so gleich ausgebreitet und geebnet werden, bevor er Zeit hat, sich zu setzen, weil aus einem späteren Aufrühren der Masse große Nachteile erwachsen können. Man soll die Masse überhaupt so wenig als möglich umrühren und nur die Oberfläche der zuletzt aufgetragenen Lage ebnen, um eine horizontale Fläche zu erhalten. Die einzelnen Lagen werden 18 bis 26 cm stark und keine zweite aufgebracht, bevor sich die erste nicht gesetzt hat, was übrigens bei einer nicht zu kleinen Baugrube in der Regel schon eingetreten ist, ehe man das Ende der Schicht erreicht hat.

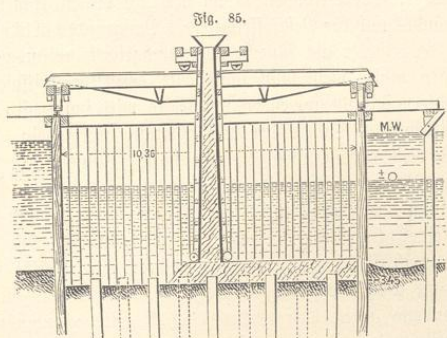
Das Versenken des Betons zu einem Fundamentbett muß in der Weise geschehen, daß der Beton mit dem darüber stehenden Wasser möglichst wenig in Berührung tritt und jede Strömung von ihm abgehalten wird, so lange er nicht erhärtet ist. Es kommt daher zunächst darauf an, in der Baugrube ruhiges Wasser zu schaffen, was dadurch geschieht, daß man sie mit festen Wänden (Tangedämmen) umgibt und — wenn dieselbe im festen Lande eröffnet ist und das Wasser nur durch die Sohle der Baugrube eindringt — müssen die Schöpf-

maschinen während der Versenkung des Betons ruhen, d. h. es soll während des Schützens der Betonmasse der Wasserspiegel in der Baugrube unverändert bleiben, damit keine Strömung des Wassers von unten nach oben eintritt, wodurch die Dichtigkeit der Betonschüttung gefährdet würde. Liegt die Baugrube aber in einem fließenden Gewässer, so muß sie wenigstens mit einer leichten Spundwand umgeben werden, die das heftige Strömen des Wassers verhindert.

Da das freie Hinabschütten des Betons durch tiefes Wasser aus dem oben angeführten Grunde unzulässig ist, kann man ihn entweder durch eine Art Trichter, welcher bis zu der betreffenden Schicht hinabreicht, oder mittels Kästen, die langsam hinabgelassen und unten ungekippt oder auf andere Weise entleert werden, versenken.

Der Trichter wird aus Holz oder aus Eisenblech angefertigt und je nach der Beschaffenheit der Baustelle entweder auf einer über Wasser angebrachten Rüstung mittels Schlitten oder Wagen bewegt oder bei größerer Breite der Baustelle zwischen zwei Rähnen aufgestellt. Fig. 85 zeigt die Anordnung eines hölzernen Trichters mit seiner Schiebehöhne; derselbe bleibt während der Betonierung bis über Wasser gefüllt, und indem er langsam vorgerückt wird, fließt unten die Betonmasse aus, die

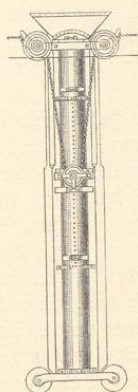
am oberen Ende durch Nachschütten entsprechend ergänzt werden muß. Zum Zweck des leichteren Entleerens konstruiert man den Trichter mit parallelen Wänden oder besser mit geringer Erweiterung nach unten. Der Trichter



ruht auf einem Wagen, der sich rechtwinklig zur Bahn der Schiebebühne verrücken läßt; es muß ferner dafür gesorgt sein, daß er höher und tiefer gerückt werden kann. Der frisch geschüttete Beton wird durch am Trichter angebrachte Walzen geebnet.

Das Betonfundament wird hierbei aus einzelnen Streifen gebildet, die zusammen eine Schicht von  $\frac{2}{3}$  bis 1 m Dicke ausmachen. Um das Fundament möglichst dicht zu erhalten, pflegt man gewöhnlich mehrere Schichten, und zwar so anzuordnen, daß die Fugen derselben sich decken. Zweckmäßig ist es, mit der Richtung der Streifen abzuwechseln, diese also kreuzweise anzubringen.

Fig. 86.



sich auch nach der Höhe einstellen. Die unterhalb angebrachten Walzen dienen zum Ebenen des Betons.

Die Verfenkung des Betons mittels Trichter hat mancherlei Nachteile und Unbequemlichkeiten. Dahin gehört der Umstand, daß die ganze Betonmasse aus vielen schmalen Streifen und dünnen Schichten besteht, die alle an ihren Oberflächen mit dem Wasser in Berührung gewesen sind, wodurch die Mörtelmasse ausgewaschen und Mörtelschlamm abgesetzt wird, der die Verbindung mit den nächsten Streifen hindert. Ferner ist die Unterbrechung der Arbeit am Abend mit der Unbequemlichkeit verbunden, daß, wenn man den Trichter so weit vorschiebt, daß er sich ganz entleert, Wasser in denselben tritt, oder wenn man ihn mit Beton gefüllt stehen läßt, dieser während der Nacht erhärtet und am Morgen hinabgestoßen werden muß. Letzteres kann man vermeiden, wenn man den Trichter während der Nacht durch den Wächter einigemal vorschieben läßt, wodurch der Beton in Bewegung kommt. Es ist indessen das Leeren des Trichters vorzuziehen, weil man die erste Füllung desselben wegen des in demselben stehenden Wassers mittels Kästen vornehmen kann. Außerdem ist die Bewegung des Trichters bei großen Wassertiefen schwierig.

Das Verfenken des Betons mittels Kästen hat den Vorteil, daß derselbe weit weniger mit dem Wasser in Berührung kommt und überhaupt die Masse desselben mehr in unge störtem Zusammenhange verbleibt. Die Vorrichtung zum Verfenken kann aus einer leichten Winde bestehen, an welcher der circa 0,2 cbm Beton fassende Kasten an zwei Tauern hängt (Fig. 87, 87<sup>a</sup> und 88). Die Winde

Fig. 87.

Fig. 87<sup>a</sup>.

Fig. 88.

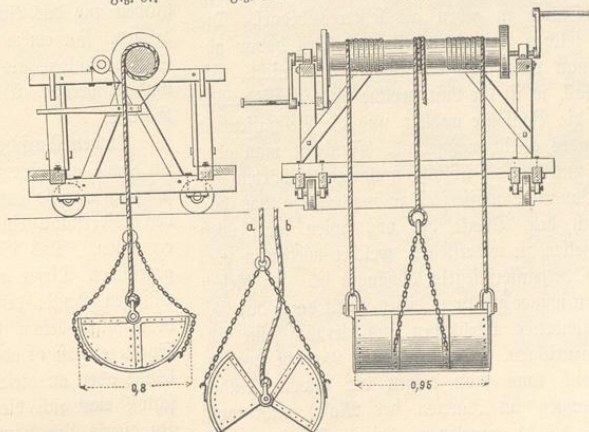


Fig. 86 stellt einen eisernen Trichter zum Verfenken von Beton dar; derselbe wird durch Ketten und Winden auf einem hergerichteten Gleise verschoben und läßt

Breymann, Bautechniklehre. IV. Vierte Auflage.

muß sich auf dem früher erwähnten Gerüste oder auf einer schwimmenden Rüstung leicht über jede Stelle der Baugrubenohrle bringen lassen, um an dieser den gefüllten

Kasten versenken zu können. Ist derselbe vorsichtig bis auf die Sohle der Baugrube oder bis auf die bereits versenkte Betonschicht hinabgelassen, so wird die Welle der Winde um circa  $90^\circ$  gedreht, wodurch der Kasten wieder so weit gehoben wird, daß er mittels der in den Figuren sichtbaren Leine umgekippt oder wie in Fig. 87<sup>a</sup> durch Öffnen des Bodens geleert werden kann. Die obere Fläche einer auf diese Weise gebildeten Betonlage muß dann noch ausgeebnet werden, wozu man sich einer an Stangen befestigten gußeisernen Platte bedienen kann, welche man aber mehr drückend als stampfend anwendet, um das Wasser nicht zu stark zu bewegen. Letzteres muß vermieden werden, um das Auswaschen des Kalkes aus den oberen Teilen der Betonlage zu verhüten. Eine vollkommene Abebnung ist auch nicht gerade erforderlich, weil ein Betonbett doch immer noch übermauert wird.

Der zu schüttende Beton verlangt stets eine feste Umgrenzung, und wird er unter Wasser versenkt, so wird man diese Umschließung durch eine Spundwand darstellen, deren Holm über das Wasser reicht und benutzt werden kann, um die Rüstung für die Versenkungsvorrichtung zu tragen. Hat man eine wasserfreie Baugrube, so wird man leichte Pfähle einschlagen und durch an diese genagelte Bretter oder Dielen die Umschließung bilden, welche man, wenn der Beton erhärtet ist, wieder fortrimmt.

## § 38.

Jede Betonschüttung kann als eine Art Gußmauerwerk<sup>1)</sup> angesehen werden, welches weniger Festigkeit zeigt, als ein mit denselben Materialien regelmäßig hergestelltes Mauerwerk, woraus mit Notwendigkeit folgt, dem ersteren eine größere Stärke zu geben als letzteres bedarf. Die Stärke eines solchen Betonbettes ist zum Teil davon abhängig, ob man unter Wasser fundiert oder nicht. Ist letzteres der Fall, so ist die Last, welche das aufzuführende Gebäude auf die Bausohle ausübt, und die Beschaffenheit des Untergrundes allein maßgebend. Fundiert man aber unter Wasser und hat die Absicht, nach dem Erhärten des Betons die Baugrube wasserfrei zu machen, so hat das Betonbett auch dem Drucke der von unten nach oben wirkenden Quellen zu widerstehen, welcher wiederum vom Stande des Oberwasserspiegels abhängig ist. In diesem Falle wird man immer gut thun, diesen Druck durch das Gewicht des Betonbettes aufzuheben und hiernach seine Abmessungen einzurichten. Das spezifische Gewicht des erhärteten Betons kann man wegen der unvermeidlichen kleinen Höhlungen im Inneren der Masse nicht wohl größer als 1,5 bis 1,8 annehmen, bei im Trockenen aufgeführten und zusammengerammtem Beton aber vielleicht

1) Vergl. den I. Teil der Allgemeinen Baukonstruktionslehre.

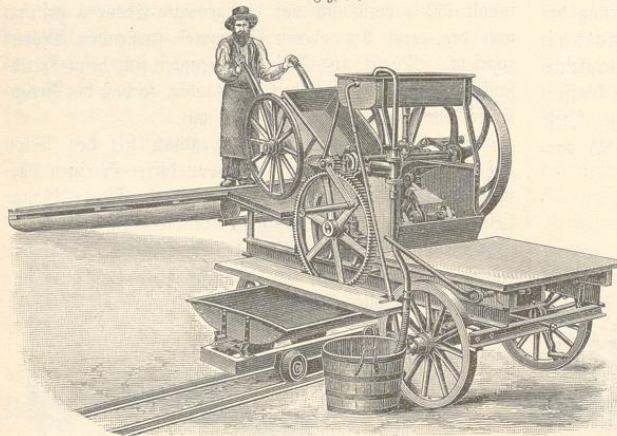
gleich 2 setzen. Der Beton ist aber ein kostbares Material und man schränkt seine Abmessungen daher gern nach Möglichkeit ein.

Hat man keinen Wasserdruck zu befürchten, so wird die Stärke des Betonbettes von der Last des zu tragenden Gebäudes und der Beschaffenheit des Baugrundes abhängen, und da letzterer als schlecht oder nachgebend vorausgesetzt werden muß, weil man sonst eine derartige kostspielige Fundierung nicht anwenden würde, so wird immerhin eine so bedeutende Stärke der Betonbettung nötig sein, daß durch dieselbe eine etwaige ungleiche Belastung durch das Bauwerk ausgeglichen oder übertragen werden kann. Die Wirkung des Betonbettes wird sich in diesen Fällen mit der eines liegenden Kotes vergleichen lassen, und um diese noch sicherer zu erreichen, dürfte eine Stärke von 0,75 bis 1 m das geringste Maß sein, welches man einem Betonbette geben darf, wenn dasselbe eine gleichmäßige Verteilung des Druckes auf den Untergrund bewirken soll. Die vorteilhafte Wirkung größer zusammenhängender Mauer Massen bei Fundierungen auf schlechtem Boden hat sich durch die Erfahrung herausgestellt und eine solche wird in den berührten Fällen durch eine hinlänglich starke Betonbettung am sichersten erreicht. Da die Tragfähigkeit eines nachgebenden Baugrundes durch Vergrößerung der drückenden Fläche ebenfalls vergrößert wird, so ist es nötig, das Betonbett immer bedeutend breiter anzulegen, als die darauf zu setzende Mauer, und man hat bis jetzt ziemlich allgemein angenommen, daß diese größere Breite bei kleineren Bauwerken etwa 0,75 m betragen müsse. Ist das Gebäude aber ausgedehnt und der Baugrund schlecht, so muß man unter der ganzen Sohlfläche desselben den Grund ausgraben und das Betonbett über die ganze Baugrube ausdehnen. In einem solchen Falle kann dasselbe geringere Stärke erhalten, als wenn nur einzelne Mauern auf Beton fundiert werden. Als Belag dafür möge folgendes Beispiel dienen:

In den Marjchen bei Warl in Hertfordshire wollte man ein Haus auf einem Boden erbauen, der sehr schlecht und sumpfig war, so daß ziemlich lange Pfähle ohne bedeutenden Widerstand einbrangen und den festen Grund nicht erreichten. Das Gebäude wurde auf einem Schwellkrost gegründet. Dieser war aber nicht im Stande, den ungleichmäßigen Druck, den das Gebäude ausübte, zu verteilen, demzufolge bekam das Haus so bedeutende Risse und Sprünge, daß es abgetragen werden mußte. Da das Gebäude aber an dieser Stelle errichtet werden mußte, entschloß man sich diesmal zu einer Betonfundierung. Zu diesem Zweck wurde die Baugrube 1,80 m breiter und länger als das 15 m im Geviert messende Gebäude, und zwar bis zu 2,13 m Tiefe — welche durch den starken Wasserzudrang bedingt war — ausgehoben und auf die

Fig. 84 zeigt endlich die der Firma Büniger & Leyrer in Düsseldorf patentierte, fahrbare und stationäre Beton- und Mörtelmischmaschine. Diese Maschinen werden auf das Solideste gebaut, und da die Mischung auf mechanischem Wege geschieht, ist man dabei unabhängig von der Verlässlichkeit der Arbeiter. — Zur Bedienung der Maschine wird nur ein Mann erfordert, wobei das Einfüllen mittels Schubkarren geschieht, die sich nach vorn überfüllen lassen.

Fig. 84.



Zu der Mischung gehört etwa der Inhalt von drei Karren mit je 60 bis 70 l Inhalt, also etwa 180 bis 210 l Kies und Sand nebst dem entsprechenden Quantum Cement. Sand und Cement werden zuerst in der Trommel trocken gemischt und darauf erst der Kies (Steinschlag) in dem vorgeschriebenen Mischungsverhältnis und das nötige Wasser zugefügt. Der fertige Beton fällt aus der Mischtrommel direkt in einen darunter gestellten Betonwagen und geschieht die Abfuhr am besten mittels drehbarer Mulden-Kippwagen. Zwecks regelmäßiger Zufuhr der Betonmaterialien und Abfuhr des Betons empfiehlt sich die Anlage von Gleisen (und Drehscheiben), wie aus Fig. 84 zu ersehen.

Diese Maschine liefert bei bester Mischung nur ein mäßiges Quantum Cement, nämlich pro Stunde 6 bis 8 cbm.

## § 37.

Nach der Darstellung der Betonmasse kommt es darauf an, dieselbe auf die Sohle der Baugrube zu bringen, wenn nicht etwa die Vereitung auf dieser selbst geschieht. Die Engländer pflegen den Beton auf Dielen oder in Kutschen, welche nach der Baugrube zu ein starkes Gefälle haben, in diese hinabzuwerfen, damit durch die Erschütterung des

Fallens die einzelnen Teile näher aneinander getrieben werden und die Masse kompakter wird. Sobald der Beton an den Ort seiner Verwendung geschafft ist, muß er so gleich ausgebreitet und geebnet werden, bevor er Zeit hat, sich zu setzen, weil aus einem späteren Aufrühren der Masse große Nachteile erwachsen können. Man soll die Masse überhaupt so wenig als möglich umrühren und nur die Oberfläche der zuletzt aufgetragenen Lage ebnen, um eine horizontale Fläche zu erhalten. Die einzelnen Lagen werden 18 bis 26 cm stark und keine zweite aufgebracht, bevor sich die erste nicht gesetzt hat, was übrigens bei einer nicht zu kleinen Baugrube in der Regel schon eingetreten ist, ehe man das Ende der Schicht erreicht hat.

Das Versenken des Betons zu einem Fundamentbett muß in der Weise geschehen, daß der Beton mit dem darüber stehenden Wasser möglichst wenig in Berührung tritt und jede Strömung von ihm abgehalten wird, so lange er nicht erhärtet ist. Es kommt daher zunächst darauf an, in der Baugrube ruhiges Wasser zu schaffen, was dadurch geschieht, daß man sie mit festen Wänden (Fangedämmen) umgibt und — wenn dieselbe im festen Lande eröffnet ist und das Wasser nur durch die Sohle der Baugrube eindringt — müssen die Schöpf-

maschinen während der Versenkung des Betons ruhen, d. h. es soll während des Schützens der Betonmasse der Wasserspiegel in der Baugrube unverändert bleiben, damit keine Strömung des Wassers von unten nach oben eintritt, wodurch die Dichtigkeit der Betonschüttung gefährdet würde. Liegt die Baugrube aber in einem fließenden Gewässer, so muß sie wenigstens mit einer leichten Spundwand umgeben werden, die das heftige Strömen des Wassers verhindert.

Da das freie Hinabschütten des Betons durch tiefes Wasser aus dem oben angeführten Grunde unzulässig ist, kann man ihn entweder durch eine Art Trichter, welcher bis zu der betreffenden Schicht hinabreicht, oder mittels Kästen, die langsam hinabgelassen und unten ungekippt oder auf andere Weise entleert werden, versenken.

Der Trichter wird aus Holz oder aus Eisenblech angefertigt und je nach der Beschaffenheit der Baustelle entweder auf einer über Wasser angebrachten Rüstung mittels Schlitten oder Wagen bewegt oder bei größerer Breite der Baustelle zwischen zwei Rähnen aufgestellt. Fig. 85 zeigt die Anordnung eines hölzernen Trichters mit seiner Schiebehöhne; derselbe bleibt während der Betonierung bis über Wasser gefüllt, und indem er langsam vorgerückt wird, fließt unten die Betonmasse aus, die

Kasten versenken zu können. Ist derselbe vorsichtig bis auf die Sohle der Baugrube oder bis auf die bereits versenkte Betonschicht hinabgelassen, so wird die Welle der Winde um circa  $90^\circ$  gedreht, wodurch der Kasten wieder so weit gehoben wird, daß er mittels der in den Figuren sichtbaren Leine umgekippt oder wie in Fig. 87<sup>a</sup> durch Öffnen des Bodens geleert werden kann. Die obere Fläche einer auf diese Weise gebildeten Betonlage muß dann noch ausgeebnet werden, wozu man sich einer an Stangen befestigten gußeisernen Platte bedienen kann, welche man aber mehr drückend als stampfend anwendet, um das Wasser nicht zu stark zu bewegen. Letzteres muß vermieden werden, um das Auswaschen des Kalkes aus den oberen Teilen der Betonlage zu verhüten. Eine vollkommene Abebnung ist auch nicht gerade erforderlich, weil ein Betonbett doch immer noch übermauert wird.

Der zu schüttende Beton verlangt stets eine feste Umgrenzung, und wird er unter Wasser versenkt, so wird man diese Umschließung durch eine Spundwand darstellen, deren Holm über das Wasser reicht und benutzt werden kann, um die Rüstung für die Versenkungsvorrichtung zu tragen. Hat man eine wasserfreie Baugrube, so wird man leichte Pfähle einschlagen und durch an diese genagelte Bretter oder Dielen die Umschließung bilden, welche man, wenn der Beton erhärtet ist, wieder fortrimmt.

## § 38.

Jede Betonschüttung kann als eine Art Gußmauerwerk<sup>1)</sup> angesehen werden, welches weniger Festigkeit zeigt, als ein mit denselben Materialien regelmäßig hergestelltes Mauerwerk, woraus mit Notwendigkeit folgt, dem ersteren eine größere Stärke zu geben als letzteres bedarf. Die Stärke eines solchen Betonbettes ist zum Teil davon abhängig, ob man unter Wasser fundiert oder nicht. Ist letzteres der Fall, so ist die Last, welche das aufzuführende Gebäude auf die Bausohle ausübt, und die Beschaffenheit des Untergrundes allein maßgebend. Fundiert man aber unter Wasser und hat die Absicht, nach dem Erhärten des Betons die Baugrube wasserfrei zu machen, so hat das Betonbett auch dem Drucke der von unten nach oben wirkenden Quellen zu widerstehen, welcher wiederum vom Stande des Oberwasserspiegels abhängig ist. In diesem Falle wird man immer gut thun, diesen Druck durch das Gewicht des Betonbettes aufzuheben und hiernach seine Abmessungen einzurichten. Das spezifische Gewicht des erhärteten Betons kann man wegen der unvermeidlichen kleinen Höhlungen im Inneren der Masse nicht wohl größer als 1,5 bis 1,8 annehmen, bei im Trockenen aufgeführten und zusammengerammtem Beton aber vielleicht

1) Vergl. den I. Teil der Allgemeinen Baukonstruktionslehre.

gleich 2 setzen. Der Beton ist aber ein kostbares Material und man schränkt seine Abmessungen daher gern nach Möglichkeit ein.

Hat man keinen Wasserdruck zu befürchten, so wird die Stärke des Betonbettes von der Last des zu tragenden Gebäudes und der Beschaffenheit des Baugrundes abhängen, und da letzterer als schlecht oder nachgebend vorausgesetzt werden muß, weil man sonst eine derartige kostspielige Fundierung nicht anwenden würde, so wird immerhin eine so bedeutende Stärke der Betonbettung nötig sein, daß durch dieselbe eine etwaige ungleiche Belastung durch das Bauwerk ausgeglichen oder übertragen werden kann. Die Wirkung des Betonbettes wird sich in diesen Fällen mit der eines liegenden Kotes vergleichen lassen, und um diese noch sicherer zu erreichen, dürfte eine Stärke von 0,75 bis 1 m das geringste Maß sein, welches man einem Betonbette geben darf, wenn dasselbe eine gleichmäßige Verteilung des Druckes auf den Untergrund bewirken soll. Die vorteilhafte Wirkung größer zusammenhängender Mauer Massen bei Fundierungen auf schlechtem Boden hat sich durch die Erfahrung herausgestellt und eine solche wird in den berührten Fällen durch eine hinlänglich starke Betonbettung am sichersten erreicht. Da die Tragfähigkeit eines nachgebenden Baugrundes durch Vergrößerung der drückenden Fläche ebenfalls vergrößert wird, so ist es nötig, das Betonbett immer bedeutend breiter anzulegen, als die darauf zu setzende Mauer, und man hat bis jetzt ziemlich allgemein angenommen, daß diese größere Breite bei kleineren Bauwerken etwa 0,75 m betragen müsse. Ist das Gebäude aber ausgedehnt und der Baugrund schlecht, so muß man unter der ganzen Sohlfläche desselben den Grund ausgraben und das Betonbett über die ganze Baugrube ausdehnen. In einem solchen Falle kann dasselbe geringere Stärke erhalten, als wenn nur einzelne Mauern auf Beton fundiert werden. Als Belag dafür möge folgendes Beispiel dienen:

In den Marjchen bei Warl in Hertfordshire wollte man ein Haus auf einem Boden erbauen, der sehr schlecht und sumpfig war, so daß ziemlich lange Pfähle ohne bedeutenden Widerstand einbrangen und den festen Grund nicht erreichten. Das Gebäude wurde auf einem Schwellkrost gegründet. Dieser war aber nicht im Stande, den ungleichmäßigen Druck, den das Gebäude ausübte, zu verteilen, demzufolge bekam das Haus so bedeutende Risse und Sprünge, daß es abgetragen werden mußte. Da das Gebäude aber an dieser Stelle errichtet werden mußte, entschloß man sich diesmal zu einer Betonfundierung. Zu diesem Zweck wurde die Baugrube 1,80 m breiter und länger als das 15 m im Geviert messende Gebäude, und zwar bis zu 2,13 m Tiefe — welche durch den starken Wasserzudrang bedingt war — ausgehoben und auf die

immer noch weiche und nachgiebige Sohle eine 1,80 m starke Betonschicht gebracht, deren Seitenwände Doffierung erhielten. Einen Monat lang ließ man den Beton sich setzen und dann führte man das Mauerwerk des Gebäudes auf. Obgleich die Umfassungsmauern bedeutend stärker lasteten als die Scheidewände im Innern, hat das Gebäude sich doch gut erhalten und keine ungleichen Senkungen wahrnehmen lassen.

Bei der Betonfundierung für den Bau des Neuen Museums in Berlin handelte es sich darum, die Säulenhalle eines eingeschlossenen Hofes zu gründen. Wegen der umgebenden, tief fundamentierten Gebäude war ein seitliches Ausweichen des übrigens ganz morastigen Grundes nicht zu befürchten. Diese Gebäude waren auf einem Pfahlrost fundamentiert. In gleichem Niveau mit dem Bohlenbelag dieses Pfahlrostes wurde zur besseren Verteilung des Druckes eine 1 m starke Sandschicht ausgebreitet und darauf eine Betonschicht von 1,88 m Breite und 0,94 m Stärke in der früher beschriebenen Weise gebracht. Diese Betonschicht wurde während ein bis zwei Jahren mit einer bedeutenden Menge von Baumaterial belastet, von weit größerem Gewicht als der spätere Säulenbau, um eine möglichst starke Kompression noch vor Benutzung des Fundamentes zu bewirken.

Auch zur Verbreiterung der Fundamente findet der Cementbeton im Hochbau eine zweckmäßige Anwendung, da Bruchsteinmauerwerk nicht billiger ist als magerer Cementbeton, auch eine höhere Festigkeit als dieser nicht erreicht. Hierbei richtet sich die Breite der Sohle nach der Tragfähigkeit des Baugrundes und der Belastung durch das Eigengewicht der Mauern, des Daches mit Schnee und Wind, der Decken mit zufälliger Belastung. Wenn nun die Oberfläche der Betonschicht einen Druck von 6 kg pro Quadratcentimeter von der darauf stehenden Frontwand auszuhalten hat, und der Baugrund nur eine Belastung von 3 kg pro Quadratcentimeter erfahren darf, so muß die Sohle der Betonschüttung doppelt so breit sein, als diejenige der Fundamentmauer. — So ist man im Stande, die Flächeneinheit des Baugrundes seiner Traghaftigkeit entsprechend normal zu belasten.

## § 39.

**Gründung mit Erdbögen.**

In manchen Fällen ist man genötigt, sehr tief hinabreichende Fundamentmauern aufzuführen. Um hierbei an Material zu sparen, mauert man nur einzelne Pfeiler auf und verbindet dieselben oberhalb durch Bögen, welche mit ihrem äußeren Scheitel noch unter Terrain liegen; diese werden horizontal abgeglichen und dann der Sockel des Gebäudes darauf gesetzt. Bei einer fetten, „gut stehenden“

Erdart kann man auch das Grundgraben auf die Pfeiler beschränken und dann die stehen gebliebene Erde von einem Pfeiler zum anderen nach der Form des zu wölbenden Bogens abstechen, so daß dieselbe als Lehrgerüst für die Fundamentbögen dient. Eine solche Gründung pflegt man daher wohl eine Fundierung mit „Erdbögen“ zu nennen. Dergleichen Bögen sollen nicht flacher als im Halbkreis und nicht schwächer als zwei Stein stark ausgewölbt werden, und an den Ecken der Gebäude soll die Pfeilerbreite gleich der vierfachen Gewölbstärke gemacht werden, während die Mittelpfeiler 1,25 m breit herzustellen sind. Die Leibungstiefe der Erdbögen richtet sich, wie die Stärke der Fundamentmauern, zunächst nach der Stärke der Sockelmauern. — Bei den Frontmauern mehrstöckiger, stark belasteter Gebäude ist unter jedem Fensterpfeiler ein Widerlagspfeiler anzuordnen, und — wenn irgend angängig — die Halbkreisform für die Bögen beizubehalten. Ist der Grund, auf den die Fundamentpfeiler zu stehen kommen, nicht absolut fest, so läßt man das unterste Bankett besser ganz durchgehen.

Entschließt man sich zu einer Gründung der Pfeiler auf Pfahlrost, so müssen die Langschweller immer in der ganzen Länge der Grundmauer durchgehen; wenn man jedoch nicht ganz widerstandsfähigen Boden voraussetzen darf, bleibt diese Gründungsart bei stark belasteten Gebäuden immer bedenklich; namentlich wenn die Pfeiler etwa sehr verschiedene Höhe bekommen, tritt die Gefahr eines ungleichmäßigen Setzens ein. In dieser Beziehung würde also ein starkes, massiges, durchgehendes Bankett jede ungleiche Senkung am sichersten verhindern und ebenso wirksam sein als umgekehrte Bögen zwischen Pfeilern, eine Konstruktion, die schon den alten Römern bekannt gewesen sein muß, weil sich dieselbe bei den Substruktionen der Engelsburg in Rom findet. Am sichersten wird man gehen, wenn man umgekehrte Bögen auf ein durchgehendes (nun schwächeres) Bankett setzt.

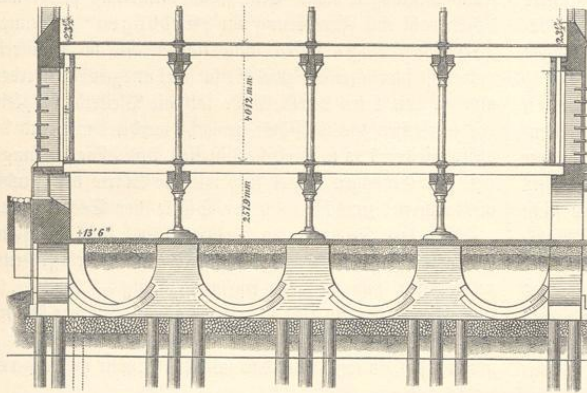
Betonschüttungen kommen ferner auch da zur Anwendung, wo man wegen der tiefen Lage des Baugrundes gezwungen ist, auf Grundpfählen zu fundieren. Die Betonschicht wird dann aber zwischen die Pfähle in mäßiger Stärke eingeschüttet, um dieselben nach jeder Richtung hin zu versteifen. Diese Schüttung wird bündig mit der Oberkante der Pfahlköpfe geebnet, und nach Erhärtung derselben werden auf diese ebene Fundamentfläche die Pfeiler des Gebäudes gesetzt, auch wohl durch umgekehrte Bögen verbunden.

Als Beispiel einer solchen Gründung haben wir in Fig. 89 diejenige des großen Getreidespeichers am Kaiserquai in Hamburg dargestellt. Die Entfernung der inneren Stützenreihen beträgt 4,87 m von Mitte zu Mitte, ebenso groß ist der Abstand der Säulen in der Längs-

richtung. Die Grundpfähle sind unter jedem Stützpfiler angeordnet, und zwar in zwei Reihen von je drei Pfählen. Der von den gußeisernen, durch fünf Geschosse reichenden

immer der Halbkreis anzuraten ist, hängt dann von der Tiefe der Fundamente ab, weil er mit seinem äußeren Scheitel unter dem Sockel bleiben muß. Ist eine solche

Fig. 89.



Deckenstützen aufgenommene Druck wird durch ein System umgekehrter Bögen verteilt. Zu gleichem Zwecke ist auch unter jeder der eisernen Stützen eine große, abgerundete Granitplatte angeordnet.

## § 40.

Bei leichteren Gebäuden kann man von der obigen Regel, unter jedem Fensterpfiler einen Widerlagspfiler anzuordnen, abgehen, auch die Halbkreisform der Erdbögen in Kreissegmente verwandeln, wie dies ein Paar bei den württembergischen Eisenbahnbauten ausgeführt und auf der Tafel 73 dargestellte Fundierungen zeigen. Bei dem hier dargestellten Wagenschuppen des Bahnhofes in Cannstatt beträgt die Spannweite der Erdbögen 4 m und deren Pfeilhöhe 1,29 m; die Bögen sind 0,57 m stark und der äußere Bogenscheitel liegt noch 0,6 m unter dem Terrain; die mittleren Widerlagspfiler sind 1,4 m, die Endwiderlager 2,3 m breit; ihre Höhe bis zum Kämpfer beträgt 1,29 m, die Tiefe der Endbögen (in der Achse gemessen) ist 1,43 m in den Fronten und 1,15 m in den Giebeln. Die Frontmauern sind 2 Stein, der Sockel  $2\frac{1}{2}$  Stein stark. Die Giebel, mit ihren großen Thüröffnungen, sind im unteren Teile 0,86 m, im Dach noch 2 Stein stark.

Diese Fundierungsart wurde gewählt, um Baukosten zu sparen, weil die genannten Bahnhöfe in der Aufschüttung der Bahn liegen.

Kommen in einem sonst guten und festen Baugrunde weiche, grundlose Stellen, sogenannte „faule Adern“ vor, so kann man ebenfalls veranlaßt werden, solche Stellen mit einem oder mehreren Bögen zu überspannen. Die Spannweite eines solchen Bogens, für dessen Gewölbefinie

u. s. w., vorkommen, welche das Setzen der Mauer- massen unterbrechen würden: dann werden auch solche Stellen mit einem Bogen überwölbt, jedoch so, daß zwischen der Leibung des Bogens und dem festen Gegenstand ein angemessener Zwischenraum verbleibt, damit das ganze Fundament sich gleichförmig setzen kann.

Erinnern müssen wir hier noch an das, was schon im ersten Teile der allgemeinen Konstruktionslehre über die Fundamente einzelner stark belasteten Pfeiler, wie sie namentlich bei Magazinen, Kirchen u. s. w. vorkommen, gesagt worden ist, weil solche Pfeiler oft mehr zu tragen haben, als gleich große Teile der Frontmauern. Bei einigermaßen zweifelhaftem Grunde wird es immer geraten sein, solche einzelne Pfeiler auf ein durchgehendes Bankett zu setzen und dieselben oberhalb durch Erdbögen unter sich und durch umgekehrte Bögen mit den Fundamenten der Frontmauern zu verbinden, um jedes Schwanken unmöglich zu machen. Sind aber bei einem schlechten Baugrunde die Front- und starkbelasteten Mittelmauern des Gebäudes — etwa auf Koste — vorsichtig gegründet, so kann man zur Ersparung von Mauerwerk kurze Querscheidewände, die nur ihr eigenes Gewicht tragen, ganz auf Bögen setzen.

## § 41.

**Gründung auf Senkbrunnen.**

Zu den Pfeilerfundierungen gehört auch die zuerst von Gilly beschriebene „Gründung auf Senkbrunnen“. In einem Hefte des Magasin encyclo-

1) Die Grundfläche der Pfeiler ist rechnerisch derart festzustellen, daß der Quadratmeter Baugrund mit höchstens 25 000 kg belastet

pélique ou journal des Sciences etc. vom Jahre 1803 wird die Methode dieser Gründung nach der Schilderung eines Schriftstellers, der im Mittelalter Ägypten durchreiste, mitgeteilt. Auch in den im Jahre 1802 zu Paris edierten „Mémoires sur les travaux de constructions hydrauliques“ par Alex le Goux de Flaix etc. wird gesagt, daß die Gründung auf Brunnen schon im Jahre 1630 in Indien üblich gewesen sei. Philibert de l'Orme erwähnt in seinem 1567 in Paris erschienenen Werke über die Architektur, Tome I, p. 46, etwas ähnliches. In Berlin kam im Jahre 1798 der Bürger Benjamin George ganz von selbst auf diese, von allen bisherigen Methoden abweichende Gründung und wendete dieselbe zur Fundierung eines massiven, zwei Geschöß hohen Gebäudes an; nach dieser Zeit ist die Brunnengründung bei verschiedenen, drei oder vier Geschöß hohen Gebäuden in Ausführung gekommen, wenn auch nicht überall mit gleich gutem Erfolg.

Form und Anordnung der Brunnen. Unter den verschiedenen Grundrißformen, welche man den Senkbrunnen gegeben hat, ist die kreisförmige — wie sie bei gewöhnlichen Hauswasserbrunnen üblich ist — die günstigste für das Senken, zugleich die widerstandsfähigste gegen den seitlichen Druck des Bodens. Diese Form war die ursprüngliche und wird auch jetzt noch für Ingenieurbauten vielfach als die allein richtige bezeichnet, obwohl auch rechteckige und unregelmäßige Formen sich gut bewährt haben. Solche Brunnen sind zum Teil in sehr bedeutenden Dimensionen ausgeführt worden: so an der Oldenburgischen Bahn kreisrund bis zu 6,5 m äußerem Durchmesser, rechteckige bei den Brückenfundierungen der Venloo-Hamburger Bahn bis zu 6,7 m Länge bei 4,5 m Breite und 7 m Tiefe.

Die Tiefe, bis zu welcher Brunnen ausgeführt sind, überschreitet, wenigstens in Deutschland, das Maß von 8 m nicht. Dagegen ist man in Ostindien bei einer Brücke der Rajpootana-Staatsbahn 18 m tief hinabgegangen<sup>1)</sup>, und die Brunnen der Jumna-Brücke bei Delhi sollen 25 m unter Niedrigwasser stehen.

Die Größe der Grundfläche der Brunnen richtet sich nach der Tragfähigkeit des Baugrundes, doch kann die Inanspruchnahme bei Kies- und Sandboden zwischen 2,5 und 3,5 kg pro Quadratcentimeter angenommen werden.

Zur Unterstüzung des Brunnenmauerwerkes beim Senken (vergl. auch den II. Abschnitt, Seite 271) dienen Brunnenkränze von Holz oder Eisen.

wird. Werden Senkkränze angeordnet, so darf diese Zahl — mit Rücksicht auf die Reibung der Kastenvandung an den durchstoßenden Schichten — bis auf 30000 kg erhöht werden.

1) Engineering 1875, II, p. 162.

Hölzerne Kränze werden aus 2 bis 3 Bohlenlagen nach der gegebenen Grundrißform zusammengesetzt und durch Bolzen und Nägel verbunden (Tafel 74, Fig. 2).

Zur Erleichterung des Eindringens pflegt man sie jedoch gegenwärtig im Profil keilartig (nach Fig. 89<sup>a</sup>) herzustellen, auch an der untersten Kante wohl mit einem Eisenringe zu armeren. Für größere Brunnen erhält der Kranz nicht die volle Breite des Mauerunges, sondern wird, wegen des leichteren Einsinkens, schmaler gemacht, auch das Mauerwerk nur in dieser Breite begonnen und erst durch Ausstragung allmählich auf die volle Stärke gebracht. Bei bedeutender Wandstärke des Brunnens wird der Kranz ganz aus Eisen hergestellt und mit schmiedeeisernen Verstärkungsrippen, welche zur Versteifung der Kranzplatte dienen, versehen. Die Stärke des Brunnenmauerwerkes soll so groß bemessen sein, daß es widerstandsfähig genug ist, um den Druck des Bodens, den Wasserdruck, das Eigengewicht und die spätere Belastung mit Leichtigkeit zu tragen. Eine zu große Wandstärke würde den im Innern nötigen Raum für das Senken und Ausbaggern beschränken, auch das Ausmauern unbequem machen. Man pflegt daher kleinere Brunnen bis zu 2 m äußerem Durchmesser mit 1 Stein (0,25 m) starken Wandungen und bis zu 3,5 m Durchmesser mit 1½ Stein starker Wandung auszuführen. Die rechteckigen Brunnen der Venloo-Hamburger Bahn sind bei 6,7 m und 4,5 m Seitenabmessung 2½ Stein stark ausgeführt worden.

Das Mauerwerk der Brunnen wird aus scharf gebrannten Backsteinen in Cement ausgeführt, seltener in hydraulischem Mörtel, es wird an der Außenfläche auch mit Cement gepuzt, teils um es undurchlässig für Wasser zu machen, teils um die Reibung beim Senken zu vermindern. Die dazu verwendeten Ziegeln sind keilförmig, sogenannte Brunnenziegel, oder sie werden in dieser Art zugehauen. Das Aufmauern erfolgt in der Regel in Absätzen, wobei zu beachten bleibt, daß dem Brunnenmauerwerk, ehe es mit dem Wasser in Berührung kommt, Zeit zum Erhärten gelassen werden muß.

Das Senken des Brunnens geschieht im Hochbau meistens vom festen Boden, bei den eigentlichen Wasserbauten von festen oder schwimmenden Gerüsten aus; wir haben hier nur die erstgenannte Art des Senkens in Betracht zu ziehen. Zunächst wird an der Fundierungsstelle das Terrain, soweit es der Wasserandrang erlaubt, abgegraben, der Brunnenkranz verlegt und hierauf die ringförmige Mauer bis zu solcher Höhe ausgeführt, wie solche bei den jedesmaligen Verhältnissen vorteilhaft erscheint. Nach genügender Erhärtung des Mauerwerkes wird mit dem Senken begonnen und dieses bei geringer Wandstärke zur Sicherheit mit Brettern und Tauen geschieht, um bei nicht



ganz vertikalem Senken das Ausdrängen der Steine zu verhindern. Nachdem das im Brunnen etwa gesammelte Wasser ausgeschöpft worden ist, wird das Senken dadurch bewirkt, daß ein Arbeiter mit der Hacke oder dem Stoßeisen das Erdreich unter dem Holzkranze fortgräbt; dadurch verliert derselbe seine Unterstüfung und sinkt tiefer ein. Die Erde wird durch Werfen oder Heben in Kübeln entfernt und diese Operation so lange fortgesetzt, als die Wasserbewältigung durch Pumpen oder Schöpfen nicht zu schwierig ist. Wird der Wasserandrang zu stark, so muß man zum Vaggen übergehen. Bei gleichmäßigem sandigen Boden bewirkt man das Senken am besten durch Herstellung einer trichterförmigen Vaggergrube, in welche der Boden unter dem Druck der Brunnenwand von den Seiten aus nachfällt. Zur Beseitigung des Bodens unter Wasser eignen sich, je nach Art und Beschaffenheit des Bodens, der Sackbohrer (Tafel 74, Fig. 6), der Trichterbohrer und die indische Schaufel (Fig. 34 und 35), auch senkrechte Vaggerapparate mit Hand- oder Dampfbetrieb (vergl. § 9, Seite 444). Größere Steine, Hölzer oder andere Hindernisse werden durch die Teufelsklaue (Fig. 37), den Steinwolf (Fig. 38) oder sonstwie entfernt.

Auf Tafel 74 ist in Fig. 5 die einfachste Art der Brunnenenkung dargestellt. Der aufgemauerte Brunnen ist mit einem Gerüst bedeckt, auf welches sich die Arbeiter stellen, von hier aus den Sackbohrer hinablassen und diesen mittels eines Knebels so lange drehen, bis sich der Sack mit Boden gefüllt hat, der dann an Tauen herausgezogen wird. Als Belastung des Brunnens sind hier Mauersteine angemessen auf dem Gerüst verteilt; einfacher und gebräuchlicher ist die Belastung durch Eisenbarren. Bei einiger Übung bringen es nun die Arbeiter bald dahin, daß der Brunnen senkrecht hinabsinkt, oder sie suchen die stärker geneigte Seite durch stärkeres Unterhöhlen des entgegengesetzten Teiles des Brunnenkranzes wieder in die Wage zu bringen.

Anm. Da man bei allen Brunnenfundierungen die Beobachtung gemacht hat, daß das umgebende Erdreich bei der angewandten Methode der Exlavation auch über die Grenzen des Kessels hinaus eine Lockerung erfährt, so empfiehlt es sich überall da, wo zwei oder mehrere Brunnen dicht nebeneinander abgeteuft werden sollen, dieselben gleichzeitig zu mauern und zu senken, weil sie — infolge der Bodenauflockerung — in der Nähe des angrenzenden Cylinders einen geringeren Widerstand finden und sich schief stellen. Bei Fundierung von Brückenpfeilern pflegt man diese Regel besonders scharf ins Auge zu fassen und dann von drei nebeneinander stehenden Brunnen zuerst die beiden äußeren zu senken und hinterher den mittleren, wobei die Widerstände immer symmetrisch ausfallen.

Ausfüllen der Brunnen. Ist der Brunnen bis auf den festen Boden hinabgesenkt, so muß die Brunnensohle möglichst horizontal abgeglichen werden, ehe man an die Ausfüllung des Kessels geht. Früher pflegte man einen hölzernen Bohlenboden hinabzulassen und diesen mit

großen Steinen zu beschweren, nachdem er mit Stangen fest und möglichst horizontal gelagert worden war. Dann wurden kleinere Steine und Steinbrocken, endlich hydraulischer Mörtel in Kübeln hinabgelassen und mittels langer Stangen die Lagerung der Materialien, so gut es eben anging, bewirkt, und diese Manipulation fortgesetzt, bis die Höhe der Wasserstandslinie erreicht war. Diese Methode ist auf Tafel 74 in Fig. 1 unter A zur Darstellung gebracht. Aber es ist klar, daß dieselbe wenig Gewähr für eine regelrechte Umhüllung der Steine mit Mörtel gewährt und daß der letztere durch das Umrühren des Wassers ausgewaschen wird. Seit mehr als zwei Dezennien ist daher ausnahmslos das Ausfüllen der Brunnen mit Beton zur Anwendung gekommen. Das Einbringen desselben geschieht mittels Kästen oder auch mit Betontrichtern und ist in § 37 eingehend beschrieben worden.

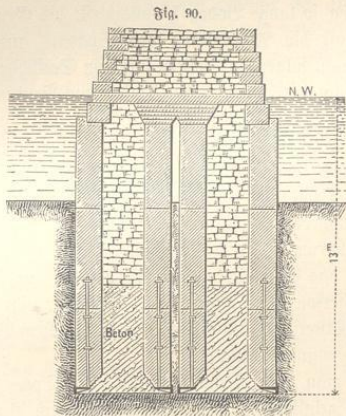
Die Stärke oder Höhe der Betonschüttung richtet sich nach der Wasserhöhe und ist so zu bemessen, daß das Betonbett nach dem Auspumpen des Brunnens dem äußeren Wasserdruck hinreichend Widerstand zu leisten vermag. Bei einem spezifischen Gewicht des Betons von 1,6 bis 2,5 muß also die Höhe der Schüttung  $\frac{1}{1,6}$  bis  $\frac{1}{2,5}$  der Wassertiefe betragen. Behufs Schonung des Brunnenmauerwerkes macht man bei tiefen Brunnen das Betonbett reichlich stark, da der Preis der Betonierung denjenigen des Füllmauerwerkes nicht erheblich übersteigt.

Das Betonbett muß nun hinreichende Zeit zum Erhärten erhalten (in der Regel 14 Tage), dann erst kann mit dem Auspumpen des Wassers vorgegangen werden. Hiernächst erfolgt die Ausmauerung des Brunnens mit Bruchstein- und Ziegelmauerwerk. Hierbei ist das Setzen des Füllmauerwerkes nicht ganz zu umgehen, es bedarf also einer sorgfältigen Ausführung desselben.

Hat sich das innere Brunnenmauerwerk erst hinreichend gesetzt, so kann mit dem weiteren Aufbau der Brunnenpfeiler begonnen werden. Zu dem Ende werden die Brunnenpfeiler etwa 0,5 m hoch in regelrechtem Steinverband, wie solches Tafel 74, Fig. 1 in Grundriß und Ansicht zu sehen ist, übermauert und abgeglichen, dann wird das Mauerwerk eingezogen (Fig. 1, bei C und D) und das Widerlager der Bögen hergerichtet, die mit 0,5 bis 0,75 m Pfeilhöhe ausgewölbt, hintermauert und zur Aufnahme des Sockelmauerwerkes abgeglichen werden. Die Stärke der Bögen im Scheitel beträgt mindestens  $1\frac{1}{2}$ , besser 2 Stein und ist im übrigen abhängig von der Größe der zu tragenden Last.

Außer der Unterstüfung durch Gewölbe kann die Verbindung einzelner Brunnen, welche zusammenhängende Teile eines Mauerwerkes unterstützen, auch durch Übertragung der Mauer-schichten und durch Steinplatten, beziehungs-

weise durch Quadern bewirkt werden. (Vergl. Fig. 90, Fundierung eines Brückenpfeilers auf Brunnen.)



Die Entfernung der Brunnenpfeiler voneinander richtet sich bei Hochbauten in der Regel nach der Stellung der Fensterpfeiler des Gebäudes, wie solches der Grundriß Fig. 7 auf Tafel 74 zeigt, in welchem die Brunnenpfeiler in der üblichen Weise eingezeichnet sind. Bei freistehenden Gebäuden ist es ratsam, die Ecken des Gebäudes besonders zu verstärken, was durch paarweise vorgelegte Brunnenpfeiler geschieht, von welchen einhüftige Strebebögen gegen die Ecken des Gebäudes ausgehen.

Anm. Es verdient Erwähnung, daß die neuere Ingenieurwissenschaft sich seit etwa 20 Jahren auch eiserner Verankerungskörper bedient hat, in der Regel weiter eiserner, oben offener Cylinder, wie an der Theißbrücke zu Szegedin und der Brücke über den Niemen bei Kowno, bei welcher der französische Ingenieur Cézanne pneumatische Fundierung zur Anwendung brachte. Die gußeisernen Röhrencylinder blieben oben offen und das Aufsetzen der Röhrentrommeln geschah von einem Gerüst aus. Von hier wurde auch das Verlängern der Luftschächte, das Verlegen der Glocke mit der Luftschleuse vorgenommen. Die Hebung des Bodens geschah in Klübeln. — Nachdem so die Röhren bis zur erforderlichen Tiefe gesenkt waren, wurde zuerst der untere Arbeitsraum mit Beton gefüllt und nach Fortnahme der Decke des Luftraumes und der Schächte ist dann auch der obere Teil der Röhren mit Beton gefüllt worden. (Vergl. Zeitschrift für Bauwesen 1863, S. 371.)

Auch die inzwischen eingeführte Taybrücke in Schottland, bei welcher man die eisernen Brunnen durch Backsteinmauerwerk ausgefüllt hatte, um dem Eisen genügende Steifigkeit zu geben, ist hier zu nennen. Diefelbe ist in den Jahren 1871—1878 ausgeführt. Die Cylinder wurden am Ufer vollständig montiert; man fuhr sie auf Prahmen an die Baustelle und ließ sie durch die Ebbe auf den Grund senken, setzte Luftschleusen auf und bewirkte das weitere Verjensen mittelst komprimierter Luft in der gewöhnlichen Weise.

Es wird genügen, diese Methode, welche bisher nur bei Brückenbauten Anwendung gefunden hat, hier kurz erwähnt zu haben. Ausführliche Mitteilungen über das letztgenannte Bauwerk finden sich in den Jahrg. 1878 und 1879 von „Engineering“, „The Builder“ und in „Glafer's Annalen“.

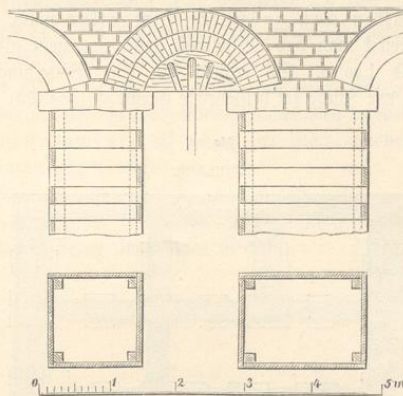
§ 42.

Gründung mittels hölzerner Senkkästen.

Bei nicht zu großer Tiefenlage des Baugrundes finden mitunter hölzerne Senkbrunnen, sogenannte „Senkkästen“, Anwendung, deren Wandungen nicht einen Teil des Fundamentes bilden, nicht selbst tragen, sondern nur das Fundamentmauerwerk schützen und gegen das anliegende Terrain abschließen sollen, im übrigen aber, wie die Brunnen, verjengt werden.

Bei einfachster Anordnung fertigt man sie aus 4 cm starken vertikalen Bohlen, welche an der Innenseite durch Leisten und Streben verbunden sind und durch provisorische Spreizen gestützt werden. Bei größerem Durchmesser werden die Bohlen horizontal angeordnet und durch Eckstiele in ihrer Lage erhalten. Die Kästen werden vom Zimmermann in der Art angefertigt, daß das Hirnholz der an die Eckstiele angenagelten 4 cm starken Bohlen wechselseitig auf der einen Seite freiliegt, auf der anderen von einer Bohle bedeckt wird (Fig. 91). Um das Einsenken

Fig. 91.  
Aufriß.

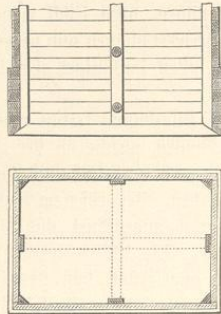


möglichst zu fördern, sind die vier Stiele an ihrem unteren Ende, auch die unterste Lage Bohlen ringsumher auf der Innenseite des Kastens abgeschragt, auch macht man sie in den unteren Lagen gern stärker als in den oberen (Fig. 92).

Die Grundform der Kästen kann die des Quadrates oder Rechteckes sein und ist abhängig von der Dicke der Wand, zu deren Unterstützung die Kästen bestimmt sind, und von der Lage der Wände zu einander. Während die Breitendimension der Kästen, im Lichten gemessen, die Stärke der zu tragenden Wand nach rechts und links um je 15 cm übersteigt, ergibt sich die zweite oder Längendimension nach Feststellung der zulässigen Entfernung der

Kästen, welche 2,20 bis 2,50 m nicht überschreiten soll. Sind daher zwei Scheidewände etwa 3,5 m voneinander entfernt, so kann der überschüssige Zwischenraum durch

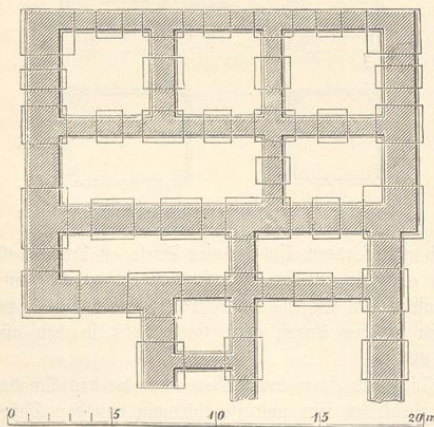
Fig. 92.



Vergrößerung der Länge der Kästen auf das zulässige Maß reduziert werden, doch ist auch die Länge der Kästen nicht erheblich über 2,00 auszuwehnen. Wo innen Wände zusammentreffen, außerdem an den Ecken des Gebäudes, sind Kästen von größerer Dimension nötig, doch überschreitet man das Mittelmaß selten um mehr als um 0,80 bis 1,20 m. So ergibt sich eine Verteilung der Kästen, wie solche der beistehende Grundriß (Fig. 93) zeigt.

Fig. 93.

Grundriß.



Vor dem Versenken der Kästen pflegt man die oberen Bodenschichten zunächst so weit abzugraben, als es nach Beschaffenheit des Baugrundes und des Wasserstandes thunlich ist, und dann den Kasten aufzustellen. Hierauf wird durch einen Arbeitsmann leicht das Einsenken um

60 bis 70 cm bewirkt, indem er die vierte oder fünfte Bohle auf einer Seite des Kastens losschlägt und durch die Öffnung so lange Boden hinauswirft, bis Grundwasser und Morast die Anwendung des Spatens ausschließen. Bei dem nun folgenden Bohren mit dem Sackbohrer ist die Arbeit genau derjenigen beim Senken von Brunnen gleich, wobei die Stellung des Kastens durch Fluchtschnur und Lot zu kontrollieren ist. Der Kasten wird sodann mit Kreuzhölzern und Brettern abgedeckt, so daß nur eine Öffnung von 80 cm im Quadrat bleibt, durch welche das Heraufwinden des Sackbohrers ermöglicht ist. Das Belasten erfolgt mit Eisenbarren. Ist der tragfähige Baugrund erreicht, so erfolgt das Einschütten von Beton bis zur Höhe des Grundwasserspiegels, wozu ein Gemisch von Cement, scharfem Mauer sand und Steinschlag in üblichem Verhältnis zur Verwendung gelangt.

Hat man dem Beton fünf bis sechs Tage Zeit zum Erhärten gelassen, so findet, nach erfolgtem Auspumpen des Wassers, die weitere Ausmauerung des Kastens mit Klinkern in Cementmörtel statt.

Die Verbindung der einzelnen Kästen wird durch Wölbung hergestellt, zu welchem Zweck man die Kämpferschichten nach jeder Seite der Bogenöffnung etwa 15 cm vorzuziehen pflegt. Darauf werden in einem Abstände gleich der lichten Entfernung der Kästen zwei Lehrbögen gestellt (Fig. 91) und durch ein Brettstück verbunden. Eine unten zugespitzte Latte ist mit dem Bogen verbunden, sie reicht bis in die Erde hinab und giebt ihm unverrückbare Stellung. Auf dieser ist auch der Mittelpunkt durch einen Nagel bezeichnet. Beim Wölben wird dann die Fugenrichtung der Schichten mit der Schnur (Seier) bestimmt. Der Zwischenraum der Bögen wird mit Erde ausgefüllt und dadurch die Verschalung gespart. Die Wölbstärke der Bögen beträgt zwei Stein.

Eine ausgedehnte Anwendung der Kastenfundierung wurde beim Bau der Nationalgalerie in Berlin gemacht (1866). Hier bestand der auszuhebende Boden aus etwa 3 m Humus, darauf folgte ein 1 bis 3 m mächtiges Lettenlager, dessen Hauptbestandteil Infusorien waren, dann 0,5 m Torf und darunter der kiesartige Sandboden, der genügende Tragfähigkeit zeigte. Der Sommerwasserstand gestattete das Ausschachten der Baugrube bis zu 4 m Tiefe, und es wurden daher, bei 7 bis 8 m Gesamttiefe des Fundamentes, die hölzernen Kästen 3 bis 4 m hoch gewählt; sie erhielten unter den Umfassungsmauern Abmessungen von 2,8 x 5,2 m, unter den Ecken des Gebäudes von 3,5 x 6,6 m. Bei der günstigen Beschaffenheit der oberen Bodenschichten genigte es, die Kastenwände aus nur 4 cm starken Bohlen herzustellen. Die Lettenschicht begünstigte das trockene Ausheben des Bodens bis zum Grundwasserspiegel, so daß nur die letzten

2 bis 2,5 m unter Wasser (mit dem Sackbohrer) beseitigt wurden.

Die Ausfüllung der Brunnen erfolgte bis auf 1,3 bis 1,6 m Höhe mit Beton, einer Mischung von 1 Raumteil Portlandement, 1 Teil Sand und 6,4 Teilen Steinbrocken, welche 7,4 Volumteile Beton ergaben. Der Raum über dem Beton wurde, wie oben, durch Kalksteinmauerwerk ausgefüllt und die einzelnen Brunnenpfeiler durch Erdbögen verbunden.

Eine der Versenkung hölzerner und eiserner Brunnen ähnliche Fundierungsmethode ist diejenige mittels „Caissons“, d. h. kastenartig verbundener größerer Wände aus Holz oder Schmiedeeisen, welche zur Umhüllung der Baugrube auf den Baugrund hinabgelassen werden. Sie sind fast nur zur Fundierung von Brückenpfeilern zur Anwendung gekommen, namentlich da, wo der gute Baugrund von leichten Bodenschichten überdeckt war, die dem Eindringen der Umschließungskörper wenig Widerstand entgegensetzten. Die Versenkung erfolgt in der Regel zwischen zwei Schiffen. Da diese Konstruktion recht eigentlich nur dem Gebiete des Wasserbaues angehört, kann sie hier füglich außer Acht bleiben.

#### § 43.

Rückblicke. Die in den vorhergehenden Kapiteln besprochenen Gründungsarten sind im allgemeinen auf wenige Fälle zurückzuführen.

I. Der Baugrund ist nachgiebig.

a) Wenn die Fundamentsohle dabei unter dem niedrigsten Wasser belegen ist, wird der **Schwellrost** am Platze sein, da er eine leicht ausführbare Verbreiterung der tragenden Fläche und eine gute Basis für das Mauerwerk

gewährt. Bei sehr ungleichmäßigem Boden sind Probebelastungen des Fundamentes vorzunehmen.

b) Bei wenig tragfähigen Böden und bei bedeutender Erhebung des Bauwerkes über dem festen Boden, gleichzeitig als Fundamentverbreiterung bei nicht starker Belastung, ist die **Sandschüttung** indiziert. — **Steinschüttung** dagegen bildet bei thonigem Untergrund lediglich ein Mittel zur Verdichtung des Bodens.

II. Die Last des Mauerwerkes muß auf tiefliegende Schichten übertragen werden.

Hier behält die altbewährte Fundierung auf **Pfahlrost** ihre volle Bedeutung, namentlich mit einer neueren Modifikation, welche bei genügender Festigkeit der oberen Bodenschichten sehr zu empfehlen ist, nämlich mit der Abänderung, den hölzernen Roßbelag durch eine Betonlage zu ersetzen.

III. Das Fundament muß bis auf den tiefliegenden, festen Baugrund hinabgeführt werden.

a) Ist der Boden gleichmäßig und leicht durch Baggern zu entfernen, so wird bis zu bedeutender Tiefe die **Brunnenfundierung** gute Resultate liefern, bei ungleichmäßigem Boden und wo Hindernisse vorkommen, da verliert sie ihren Wert.

b) Bei geringerer Tiefenlage des festen Baugrundes und zwischen fest umschließenden Pfahlwänden werden auch Betonfundamente bis zu großer Flächenausdehnung mit Nutzen angewandt.

Sonstige, seltener verwandte Gründungsarten haben für die Zwecke des Hochbaues einen relativ geringen Wert und können daher übergangen werden.