

geringe. Fundamente aus Steinschüttungen kommen hauptsächlich für Bauten im Meere (Hafendämme, Moli etc.) in Anwendung.

Betreff der GröÙe der zu benutzenden Steine sei auf Art. 366 (S. 257) verwiesen. Hat man genügend groÙe Steine nicht in hinreichender Menge zur Verfügung, so kann man wohl auch für den Fundamentkern kleinere Steine verwenden, die BöÙchungen dagegen aus möglichst groÙen Steinen herstellen. Ist die Strömung eine sehr bedeutende, so verwendet man künstliche Beton-Blöcke von 25 bis 50, selbst bis 100^{cbm} Rauminhalt und darüber; natürliche Steine von solcher GröÙe kommen meist theurer zu stehen.

Die Steinschüttungen bilden den Uebergang zu den im folgenden Kapitel zu besprechenden »geschütteten Fundamenten«; in gewissem Sinne können sie unmittelbar zu letzteren gezählt werden.

Literatur

über »gemauerte Fundamente«.

- ENGEL, C. L. Ueber Fundamente aus Bruchsteinen ohne Mörtel. Journ. f. d. Bauk., Bd. 2, S. 23.
Fondation de 47 puits maçonnés exécutés à Madrid. Nouv. annales de la const. 1867, S. 93.
 SPIEKER. Fundirung eines Monumentes. Zeitfchr. f. Bauw. 1872, S. 124.
 Ausgeführte Pfeiler-Gründung. HAARMANN's Zeitfchr. f. Bauhdw. 1873, S. 187.
 Ueber mangelhafte Ausführung von Fundamentmauerwerk. Centralbl. d. Bauverw. 1881, S. 52.
 KOENEN, M. Ueber Form und Stärke umgekehrter Fundamentbögen. Centralbl. d. Bauverw. 1885, S. 11.

3. Kapitel.

Fundamente aus Beton- und Sandschüttungen.

Wenn ein genügend widerstandsfähiger Baugrund in angemessener Tiefe nicht vorhanden ist, auch nicht mit Hilfsmitteln erreicht werden kann, die den verfügbaren Geldmitteln, der vorgezogenen Bauzeit oder dem Zwecke des betreffenden Bauwerkes entsprechen; so ist man nicht selten genöÙtigt, in nur geringer Tiefe auf stark pressbarem Baugrund zu fundiren. Bei Construction der Fundamente ist alsdann das Hauptaugenmerk auf möglichste Herabminderung des Einsinkens, namentlich aber auf Verhütung des ungleichmäÙigen Setzens derselben zu richten.

In derartigen Fällen können nicht mehr gemauerte Fundamente angewendet werden, weil dieselben den vom Bauwerk ausgeübten Druck nicht in genügender Weise nach unten vertheilen und weil sie bei ungleichmäÙiger Beschaffenheit des Baugrundes partielle, d. i. schädliche Einsenkungen erleiden. Es empfehlen sich Beton-, Sand- und SchwellroÙ-Fundamente.

a) Beton-Fundamente.

Constructionstheile eines Bauwerkes, die aus Beton hergestellt sind, werden häufig als Gußmauerwerk bezeichnet; dem entsprechend schlieÙen sich an die im vorhergehenden Kapitel behandelten gemauerten Fundamente die Beton-Fundamente naturgemäÙ an.

Das Kennzeichnende dieser Gründungsweise besteht in der Herstellung einer monolithen Fundament-Platte, bezw. eines monolithen Fundament-Klotzes, aus einer einheitlichen Masse ohne jegliche Lager- und Stofsfugen gebildet. Die monolithische Beton-Platte, bezw. der monolithische Beton-Klotz müssen hoch genug sein und eine genügende Grundfläche haben, um den vom darauf stehenden Bauwerk ausgeübten

405.
Geschüttete
und
SchwellroÙ-
Fundamente.

406.
Allgemeines.

Druck aufnehmen zu können und in folcher Weise auf den Baugrund zu übertragen, daß das Fundament keine nachtheilige Veränderung erfährt.

Im alten Rom wurden Fundamente aus Gufsmauerwerk vielfach zur Anwendung gebracht, wozu die Beschaffenheit des Baugrundes wesentlich beitrug. Der letztere besteht aus aufgehäuften vulcanischen Maffen, die ziemlich zähe sind und in Folge dessen gestatteten, daß man die Baugrube mit lothrechten Wänden aushob und dieselbe entweder gar nicht oder nur sehr leicht abzimmerte. Auf folche Weise bildeten die Fundament-Gräben ein genügend widerstandsfähiges Bett, in welches das Gufsmauerwerk eingebracht und fest gestampft werden konnte.

Beton-Fundamente können eben so wohl im Trockenem, als auch in Baugruben ausgeführt werden, aus denen das Grundwasser geschöpft wird; in gleicher Weise können sie auch für Bauwerke im Wasser Anwendung finden. Man kann mit Hilfe einer Schicht hydraulischen Betons das Eindringen des Grundwassers von unten, wenn nöthig auch von der Seite verhüten. Der Beton ist auch in vorzüglicher Weise geeignet, etwaige Unregelmäßigkeiten der Baufohle auszugleichen. Ueberhaupt bilden Beton-Gründungen, an richtiger Stelle angewendet und in richtiger Weise ausgeführt, eine vorzügliche Fundirungs-Methode.

407.
Material.

Für die Herstellung eines Beton-Fundamentes ist hydraulischer Beton nicht unbedingt erforderlich; bei Gründungen im Trockenem kann Luftmörtel zur Beton-Bereitung verwendet werden; dagegen muß man möglichst rasch erhärtendes Material, am besten Cement-Beton wählen, wenn man das Eindringen von Wasser in die Baugrube verhüten will. Für die Güte des zu verwendenden Betons ist auch die Belastung, der er zu widerstehen hat, und der Baugrund, auf den er zu liegen kommt, maßgebend. Zum Tragen von Bauwerken geringer Ausdehnung und mäßiger Last, so wie bei festerem Baugrunde genügt eine mittlere Beschaffenheit Beton und eine leichte Ausführung. Für das Tragen schwerer Lasten jedoch (4 kg für 1 q^{cm} und darüber), zur Ausgleichung des Druckes über stark preßbarem Boden oder zu Dichtung von Quellen ist die beste Sorte Beton und sehr sorgfältige Arbeit erforderlich. Die sorgfältigste Ausführung ist vor Allem dann nothwendig, wenn das Bauwerk bei großer Grundfläche, bei großem Wasserdruck und durchlässigem Boden ein wasserdichtes Becken bilden soll.

Der letztgedachte Fall tritt bei der Ausführung größerer Behälter ein. Ein interessantes Beispiel bietet auch die Fundirung des Bühnenraumes im neuen Opernhause zu Paris dar; man hatte es dort mit einem sehr bedeutenden Grundwasserandrang zu thun; dasselbe strömte unter einer Druckhöhe von ca. 5 m zu. Um die Räume unterhalb der Bühne trocken zu erhalten, wurde ein großes Becken aus Cement-Beton ausgeführt.

Betreff der Beton-Bereitung und der dazu zu verwendenden Materialien sei auf Theil I, Band 1 dieses »Handbuches« (Abth. I, Abschn. 1, Kap. 4) verwiesen.

408.
Abmessungen.

Die Mächtigkeit des Beton-Fundamentes ist abhängig von der Beschaffenheit des Betons, von der größeren oder geringeren Preßbarkeit des Baugrundes, von der Größe der auf dem Fundamente ruhenden Last und in manchen Fällen von der Druckhöhe, unter welcher der Wasserzudrang in die Baugrube stattfindet.

Was die erstgenannten drei Factoren anbelangt, so kann als Anhaltspunkt dienen, daß guter hydraulischer Beton bei ca. 1 m Stärke eine Last von 4 bis 5 kg für 1 q^{cm} Nutzfläche mit Sicherheit tragen kann, wenn der Baugrund wenig preßbar ist und die Verhältnisse sonst günstig sind; dagegen nur 2,5 kg, wenn stark nachgiebiger Baugrund vorhanden, oder wenn derselbe ungleichartig, oder wenn die Belastung nicht gleichmäßig vertheilt ist. Unter gewöhnlichen Verhältnissen genügt alsdann eine Mächtigkeit des Beton-Fundamentes von 0,75 bis 1,00 m; ja man kann bei geringer Last auch auf 60, selbst auf 50^{cm} herabgehen.

Hat man Zweifel über die Tragfähigkeit des Baugrundes oder über die zu erwartende Tragfähigkeit einer Beton-Platte von bestimmter Dicke (namentlich bei größeren Belastungen), so sind unmittelbare Versuche zu empfehlen. Beton-Blöcke von der beabachtigten Breite und Mächtigkeit werden auf dem vorhandenen Baugrunde probeweise ausgeführt und Probebelastungen bis zum $1\frac{1}{4}$ - bis $1\frac{1}{2}$ -fachen des künftigen Druckes vorgenommen; dabei dürfen sich an den Blöcken weder Aenderungen in der äußeren Form, noch in den Höhenverhältnissen zeigen. Es genügt, im vorliegenden Falle die Versuchslasten nur mit $1\frac{1}{4}$ bis $1\frac{1}{2}$ der definitiven Lasten anzunehmen, weil der Beton im Laufe der Zeit immer härter wird.

Zeigt sich in der Baugrube ein starker Wasserandrang und soll die Beton-Platte in erster Reihe dem durch die Wasserzuflutung entstehenden Auftriebe entgegenwirken, damit alsdann die Baugrube durch Wasserschöpfen trocken gelegt werden könne, so läßt sich nach Art. 366 (S. 257) die erforderliche Stärke der Beton-Schicht berechnen, indem man die maßgebende Wassertiefe durch das Gewicht der Volumeneinheit Beton (2,0 bis 2,2) dividirt.

Die so gefundene Stärke ist, wie an der angezogenen Stelle bereits gesagt wurde, jedenfalls zu groß, da das Wasser bei der Bewegung zwischen den Bodentheilen einen Widerstand erfährt, der seine Geschwindigkeit verringert. Es ist deshalb nicht notwendig, die berechnete Stärke im Interesse größerer Sicherheit zu vermehren; unter Umständen ist sogar eine Verringerung derselben zulässig.

Die Grundfläche eines Beton-Fundamentes ergibt sich aus dessen Nutzfläche und letztere wieder aus der zulässigen, im vorhergehenden Artikel bereits angegebenen Belastung für die Flächeneinheit. Uebt das auf das Beton-Fundament aufzusetzende Bauwerk einen größeren, als den zulässigen Maximaldruck aus, so muß derselbe durch entsprechende Verbreiterung des betr. Mauerwerkes oder der sonstigen Constructionstheile herabgemindert werden (Fig. 669). In den allermeisten Fällen genügt es, wenn die Sohle des Beton-Fundamentes vor der Grundfläche des darauf gesetzten Bauobjectes an allen Seiten um etwa $\frac{3}{4}$ seiner Stärke vorspringt (Fig. 669). Meist werden parallelepipedisch gefaltete Beton-Platten zur Ausführung gebracht (Fig. 669); indess kommen auch Beton-Klötze vor, deren wagrechter Querschnitt sich nach unten vergrößert (Fig. 670).

In Rotterdam und anderen holländischen Städten werden bei Gründungen auf Moorboden von bedeutender Mächtigkeit Beton-Fundamente von sehr großer Breite angewendet, so daß die Betonkörper mit sehr breiten Abätzen vor den betreffenden Mauern vorspringen. Man erzielt dadurch ein gleichmäßiges Einfrinken des ganzen Gebäudes, welches Anfangs sehr beträchtlich ist, später jedoch ganz aufhört.

Handelt es sich um die Gründung eines größeren Gebäudes, so wird in den meisten Fällen jede Wand, bezw. jeder Pfeiler desselben auf ein besonderes Beton-Fundament gesetzt. Sind jedoch die Räume eines Gebäudes sehr klein, so daß die

Fig. 669.

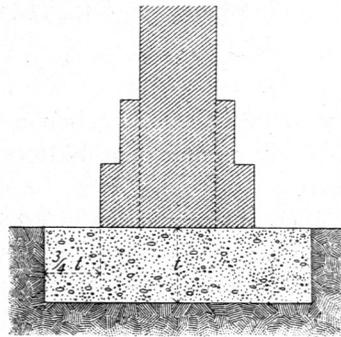
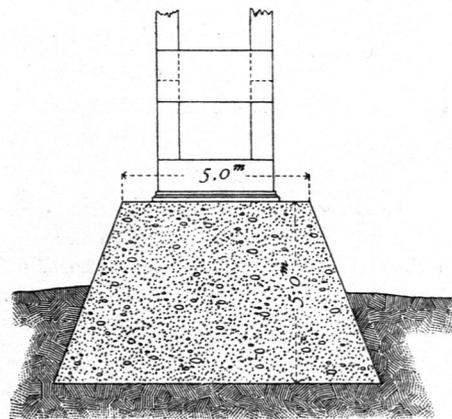


Fig. 670.



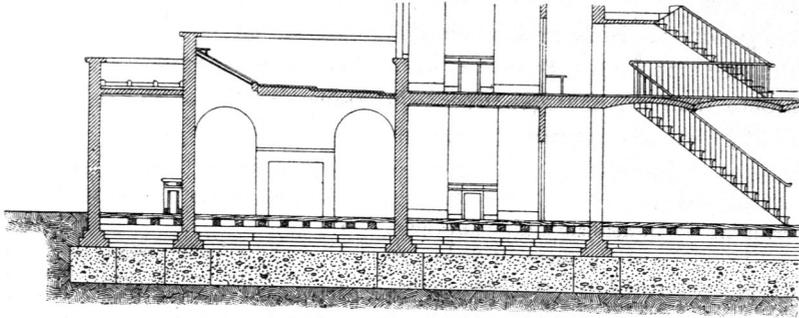
Beton-Fundament einer Freitütze von der Weltausstellungs-Rotunde in Wien (1873).

$\frac{1}{200}$ n. Gr.

Wände desselben einander sehr nahe stehen, oder ist der Baugrund sehr nachgiebig, so daß unter stärkerem Drucke ein Emporsteigen seiner nicht belasteten Theile zu befürchten ist, so legt man unter das ganze Gebäude eine durchgehende Beton-Platte.

Das in Londoner Häusern vielfach angewendete Gründungsverfahren ist durch Fig. 671 veranschaulicht. — Beim Bau der Marien-Kirche in Stuttgart (Arch.: v. Egle) ist jeder der beiden Thürme auf eine durchgehende Beton-Platte (Portland-Cement-Beton) von 140 qm Grundfläche und 1,4 m Dicke gesetzt worden.

Fig. 671.



Von einem Wohnhaus zu London (*Lowndes Street* 1853). — 1/200 n. Gr.

Eine derartige durchgehende Beton-Platte muß in solcher Dicke ausgeführt werden, damit sie unter den isolirten Drücken der auf dieselbe aufgesetzten Mauern etc. nicht bricht.

Bei bekannten Druckverhältnissen läßt sich die Dicke einer solchen Platte in folgender Weise ermitteln.

Wird eine Beton-Platte *AB* (Fig. 672) durch die isolirten Drücke $D_1, D_2, D_3 \dots$ belastet, die in den Abständen $a_1, a_2, a_3 \dots$ von der Kante *A* wirksam sind, so ist die dadurch hervorgerufene Reaction *R* des Baugrundes

$$R = D_1 + D_2 + D_3 \dots = \Sigma(D).$$

Der Abstand *r* (von der Kante *A*), in welchem diese Reaction *R* angreift, bestimmt sich aus der Momentengleichung

$$D_1 a_1 + D_2 a_2 + D_3 a_3 + \dots = R r$$

oder

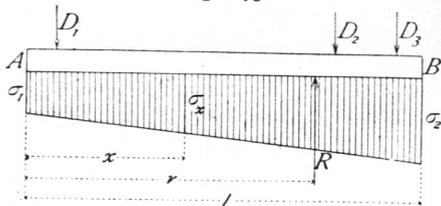
$$\Sigma(D a) = R r$$

zu

$$r = \frac{\Sigma(D a)}{R} = \frac{\Sigma(D a)}{\Sigma(D)}$$

Nimmt man den Beton als ganz unelastisch an, was nach vollständigem Erhärten desselben sehr nahe der Fall ist, so findet, homogenen Baugrund vorausgesetzt, die Vertheilung der herrschenden Drücke nach einer geraden Linie statt, und es ergibt sich, wegen der im Allgemeinen excentrischen Beanspruchung als Druckfigur ein Trapez¹⁸⁴⁾. Alsdann ist nach Fig. 673, wenn man die Spannungen an den Kanten *A* und *B* mit σ_1 und σ_2 bezeichnet,

Fig. 673.



$$\frac{\sigma_1 + \sigma_2}{2} l = R = \Sigma(D),$$

woraus

$$\sigma_1 = \frac{2R}{l} - \sigma_2.$$

Es ist ferner

$$R r = \frac{\sigma_1 l^2}{2} + \frac{\sigma_2 - \sigma_1}{2} l \frac{2}{3} l$$

¹⁸³⁾ Nach: *Revue gén. de l'arch.* 1855, Pl. 16, 22.

¹⁸⁴⁾ Siehe Theil I, Ed. 1 dieses »Handbuchs«, Art. 320 u. 321 (S. 274 u. 275).

oder

$$Rr = \sigma_1 \frac{l^2}{6} + \sigma_2 \frac{l^2}{3},$$

woraus

$$\sigma_1 = \frac{6 Rr}{l^2} - 2 \sigma_2.$$

Hiermit den oben gefundenen Werth von σ_1 verglichen, giebt

$$\frac{2 R}{l} - \sigma_2 = \frac{6 Rr}{l^2} - 2 \sigma_2,$$

woraus

$$\sigma_2 = \frac{2 R}{l} \left(\frac{3 r}{l} - 1 \right);$$

daher

$$\sigma_1 = \frac{2 R}{l} \left(2 - \frac{3 r}{l} \right).$$

Für einen beliebigen Punkt im Abstände x von der Kante A ist die Spannung σ_x aus dem Verhältniß

$$\frac{\sigma_x - \sigma_1}{\sigma_2 - \sigma_1} = \frac{x}{l}$$

zu bestimmen, ergibt sich also zu

$$\sigma_x = (\sigma_2 - \sigma_1) \frac{x}{l} + \sigma_1.$$

Für die Ermittlung der Beton-Plattendicke ist auch die Bestimmung der Biegemomente erforderlich. Für den durch den Abstand x von der Kante A gegebenen Punkt ist das Moment

$$M_x = D_1 (x - a_1) + D_2 (x - a_2) + \dots - \frac{\sigma_1 x^2}{2} - \frac{\sigma_x - \sigma_1}{2} \cdot \frac{x^2}{3}$$

oder

$$M_x = \Sigma [D (x - a)] - \frac{\sigma_1 x^2}{2} - \frac{\sigma_x - \sigma_1}{2} \cdot \frac{x^2}{3};$$

für σ_x den obigen Werth eingesetzt:

$$M_x = \Sigma [D (x - a)] - \frac{\sigma_1 x^2}{2} - \frac{\sigma_2 - \sigma_1}{6 l} x^3.$$

Das Biegemoment M_x bildet hiernach eine Curve dritten Grades, deren größte Ordinate das Maximum vorstellt. Differenzirt man die letzte Gleichung nach x , so erhält man

$$\frac{d M_x}{d x} = \Sigma (D) - \sigma_1 x - \frac{3}{6 l} x^2 (\sigma_2 - \sigma_1) = \Sigma (D) - \sigma_1 x - \frac{x^2}{2 l} (\sigma_2 - \sigma_1) = 0,$$

woraus sich ergibt

$$x = - \frac{\sigma_1}{\frac{1}{l} (\sigma_2 - \sigma_1)} \pm \sqrt{\left[\frac{\sigma_1}{\frac{1}{l} (\sigma_2 - \sigma_1)} \right]^2 + \frac{\Sigma (D)}{\frac{1}{2 l} (\sigma_2 - \sigma_1)}}.$$

Diese Gleichung ist in dem durch Fig. 673 dargestellten Falle sowohl für $\Sigma (D) = D_1$, als auch für $\Sigma (D) = D_1 + D_2$ zu lösen, um zu ermitteln, ob das Maximal-Moment zwischen D_1 und D_2 oder zwischen D_2 und D_3 gelegen ist.

Für die Beanspruchung auf Biegung ist nun ¹⁸⁵⁾

$$\frac{\mathcal{F}}{a} = \frac{M_{max}}{K},$$

wenn mit \mathcal{F} das Trägheitsmoment des Querschnittes, mit a der Abstand der am meisten gezogenen Fafer von der neutralen Axe, mit M_{max} das Maximal-Moment und mit K die größte zulässige Beanspruchung des Betons auf Zug bezeichnet wird.

Ist, wie in den meisten Fällen, der Querschnitt der Beton-Platte rechteckig (Breite = b , Höhe = h), so ist $\mathcal{F} = \frac{b h^3}{12}$. Nimmt man $b = 1 \text{ m}$ an, so wird $\mathcal{F} = \frac{h^3}{12}$, und da $a = \frac{1}{2} h$ ist, wird aus obiger

Bedingungsgleichung

$$h = \sqrt{\frac{6 M_{max}}{K}} \dots \dots \dots 192.$$

¹⁸⁵⁾ Nach Gleichung 36. auf S. 262 in Theil I, Band 1 dieses »Handbuches«.
Handbuch der Architektur. III. 1.

Beispiel. Für den durch Fig. 672 näher bezeichneten Fall seien die von 3 Parallelmauern eines Haufes (auf eine Tiefe von 1 m normal zur Bildfläche) ausgeübten Drücke $D_1 = 9600$ kg, $D_2 = 6800$ kg und $D_3 = 9600$ kg, dabei $a_1 = 1,42$ m, $a_2 = 8,12$ m und $a_3 = 11,12$ m; ferner sei $l = 12,55$ m.

Alsdann ist

$$R = 9600 + 6800 + 9600 = 26\,000 \text{ kg,}$$

$$r = \frac{9600 \cdot 1,42 + 6800 \cdot 8,12 + 9600 \cdot 11,12}{26\,000} = 6,75 \text{ m,}$$

$$\sigma_2 = \frac{2 \cdot 26\,000}{12,55} \left(\frac{3 \cdot 6,75}{12,55} - 1 \right) = 2544 \text{ kg}$$

und

$$\sigma_1 = \frac{2 \cdot 26\,000}{12,55} \left(2 - \frac{3 \cdot 6,75}{12,55} \right) = 1599 \text{ kg.}$$

Der Gesamtdruck auf den Baugrund beträgt hiernach

$$12,55 \frac{2544 + 1599}{2} + \text{Gewicht der Beton-Platte} = 26\,000 \text{ kg} + \text{Gewicht der Beton-Platte.}$$

Das Biegemoment für einen beliebigen Punkt war

$$M_x = \Sigma [D(x-a)] - \frac{\sigma_1 x^2}{2} - \frac{\sigma_2 - \sigma_1}{6l} x^3;$$

daher wird für den Angriffspunkt des Druckes D_2

$$M = 9600(8,12 - 1,42) - 1599 \frac{8,12^2}{2} - \frac{75,3}{2} \cdot \frac{8,12^3}{3} = 4886 \text{ mkg.}$$

Der Abstand x , für den das Biegemoment zwischen D_1 und D_2 zum Maximum wird, folgt aus der Gleichung

$$0 = 9600 - 1599x - 37,7x^2$$

zu

$$x = -\frac{1599}{75,4} \pm \sqrt{\left(\frac{1599}{75,4}\right)^2 + \frac{9600}{37,7}} = 5,3 \text{ m;}$$

daher das Maximal-Moment

$$M_{max} = 9600(5,3 - 1,42) - \frac{1599}{2} 5,3^2 - \frac{2544 - 1599}{6 \cdot 12,55} 5,3^2,$$

$$M_{max} = 12990 \text{ mkg.}$$

Die Abciffe des größten Biegemomentes zwischen D_2 und D_3 folgt aus der Gleichung

$$0 = 9600 + 6800 - 1599x - 37,7x^2 = \infty 8,2 \text{ m,}$$

d. h. dasselbe fällt mit dem Moment M zusammen, und das berechnete $M_{max} = \infty 13\,000$ mkg ist wirklich das größte Biegemoment, welches in der fraglichen Beton-Platte auftritt.

Die Dicke h dieser Platte ergibt sich, wenn man $k = 2$ kg für 1 qcm (= 20 000 kg für 1 qm) annimmt, nach Gleichung 192. zu

$$h = \sqrt{\frac{6 \cdot 13\,000}{20\,000}} = 1,97 \text{ m.}$$

Durchgehende Beton-Fundamente sind auch dann mit Vortheil anzuwenden, wenn der Baugrund Rutschungen befürchten läßt. Treten letztere ungeachtet aller sonst noch getroffenen Vorkehrungen ein, so bewegt sich die Beton-Platte mit dem ganzen darauf stehenden Gebäude, nicht einzelne Theile des letzteren; unter Umständen bleibt dabei das Gebäude unverfehrt, wie die letzten Berggrufche in Aachen gezeigt haben.

Eine neuere städtische Schule in Aachen wurde auf eine 90 cm starke Beton-Schüttung gesetzt, welche durch ein System von vernieteten I-Trägern in festem Rahmen gehalten, eine feste Tafel bildet, innerhalb deren, den Scheidewänden entsprechend, ebenfalls I-Träger eingelegt sind. Diese Beton-Platte liegt auf einer mehrere Meter hohen Sandschicht, unter der sich fast unergründlicher, nasser Kläiboden befindet; die Sandschicht ist durch Stützmauern gegen feiliches Ausweichen geschützt.

Durchgehende Fundamente aus Cement-Beton sind ferner zu empfehlen, wenn die Kellerfohle eines Gebäudes gegen das Eindringen des Grundwassers zu schützen ist (vergl. Art. 366, S. 256).

Betreff der Herstellung der Beton-Fundamente ist noch das Folgende zu beachten.

1) Kommt in der Baugrube kein Grundwasser vor, so wird, nachdem die Sohle derselben nach Thunlichkeit geebnet wurde, die Beton-Schüttung schichtenweise eingebracht und abgerammt. Die Dicke der einzelnen Lagen soll nicht unter 15 cm betragen; sie soll aber auch nicht 25 bis 30 cm überschreiten, weil sonst das Rammen zu wenig wirksam ist. Das letztere wird mit Handrammen vorgenommen und dabei der Beton mit Wasser begossen; das Dichten würde vollkommener gelingen, wenn man statt der Rammen schwere Handwalzen anwenden würde; letztere ließen sich auch unter Wasser anwenden.

Das Hinzuführen von Wasser ist in trockenem Boden von Wichtigkeit, damit nicht letzterer dem Beton das zu feiner Erhärtung nothwendige Wasser entziehe. Wenn sich Beton-Fundamente im Trockenen nicht bewährt haben, wenn hie und da das Vorurtheil entstanden ist, daß sich dieselben nur für nassen Boden eignen, so dürfte meist der Grund in einer fehlenden oder mangelhaften Benetzung des Betons zu suchen sein.

Die Fundament-Gräben werden im vorliegenden Falle mit lothrechten Wänden ausgehoben; ist der Boden nicht fest genug, so muß eine Auszimmerung vorgenommen werden. Ist zu befürchten, daß sich von den Baugrubenwänden Erdtheilchen losbröckeln und zwischen die Betonmasse gerathen, so muß dies durch vorgelegte Bretter verhütet werden, da sonst der Beton verdorben wird.

Der Beton wird entweder in der Baugrube selbst oder außerhalb derselben gemengt. Unter sonst gleichen Verhältnissen ist das letztere Verfahren vorzuziehen; bei nicht zu großer Tiefe der Baugrube wird alsdann der Beton hinabgeworfen, bei größerer Tiefe auf schiefen Ebenen oder Rutschen, die nach der Baufohle geneigt sind, hinabgelassen.

Im alten Rom wurden die aus Gussmauerwerk gebildeten Fundamente in der Weise ausgeführt, daß man auf der Sohle der Fundament-Gräben zunächst eine Mörtelschicht von mindestens 10 bis 15 cm Dicke ausbreitete. Auf diese wurde eine eben so dicke oder nur wenig dickere Schicht von Steinbrocken geschüttet; letztere hatten höchstens einen Durchmesser von 8 bis 10 cm. Diese Schicht wurde so lange gestampft, bis alle Zwischenräume derselben mit Mörtel ausgefüllt waren. Hierauf kam wieder eine Mörtelschicht alsdann wieder eine Steinbrockenschicht; letztere wurde wieder gestampft etc.

2) Das eben beschriebene Verfahren ist auch noch zulässig, wenn in der Baugrube das Wasser einige Centimeter hoch steht. Ist dagegen die Wassermenge eine größere, so wird vor und während der Einbringung des Betons die Baugrube trocken gelegt, was in den meisten Fällen auch während der Grundgrabung nothwendig gewesen sein wird. Ist die lockere, abzugrabende Bodenschicht sehr lose, so daß zu befürchten steht, die Erdmassen würden beim Wasser schöpfen nach der Baugrube sich bewegen, so umschließt man dieselbe mit einer möglichst dichten Spundwand; bisweilen kann man die letztere auch durch eine kräftige Stülpwand ersetzen. Innerhalb dieser Umschließungswände wird unter steter Wasserhaltung die Grundgrabung und die Betonirung vorgenommen. Die Spundwand bleibt am besten, zum Schutze des Beton-Fundamentes gegen seitliches Ausweichen des darunter befindlichen, vom Wasser erweichten Bodens, stehen; doch empfiehlt es sich, sie unter dem niedrigsten Grundwasserspiegel abzuschneiden und mit einem Holm zu versehen.

Bei manchen Bodenarten (Sand- und Kieschichten) tritt eine vollständige Auflockerung ein, wenn man aus der Baugrube das Wasser zu schöpfen beginnt; das stets nachdringende Grundwasser bringt die Sohle der Baugrube vollständig in Bewegung. In solchen Fällen hat man von einer sofortigen Trockenlegung der Baugrube abzusehen, muß vielmehr zunächst auf deren Sohle eine Beton-Schicht von entsprechender Dicke ausbreiten und erst nach Erhärtung derselben das Wasser auspumpen. Eine solche Betonlage kann auch dazu dienen, einzelne Quellen zu schließen

und deren schädliche Einwirkung auf das Fundament zu aufzuheben (vergl. Art. 384, S. 270).

Um derartige Beton-Schichten herzustellen, ist es nicht zulässig, daß man den Beton ohne Weiteres in das Wasser schüttet, weil alsdann der Mörtel ausgespült und eine Erhärtung des Bodens nicht eintreten würde. Man muß in solchen Fällen den Beton in möglichst geschlossene Behälter bringen, welche die Berührung mit dem Wasser thunlichst verhüten und in denen der Beton auf die Baufohle verfenkt wird; unten angekommen werden die Behälter entleert. Für die im Hochbauwesen vorkommenden Ausführungen erhalten derlei Behälter nur einen kleinen Rauminhalt (70 bis 80^l), um sie einfach und bequem handhaben und in jeden Winkel der Baugruben leiten zu können; man hat kleine Blechkasten, die an Stielen (schaufelartig) befestigt sind, hölzerne Eimer, Körbe aus Rohrgeflecht oder Säcke in Anwendung gebracht.

α) Die in erster Reihe genannten Beton-Schaufeln erhalten eine solche Größe, daß sie in gefülltem Zustande bequem von einem Arbeiter gehandhabt werden können. Der Arbeiter läßt die Schaufel mit Hilfe des Stieles auf die Sohle der Baugrube hinab und schüttet den Kasten aus. Der Beton erleidet die geringste nachtheilige Veränderung, wenn die Kästen mit Deckeln versehen sind, die sich beim Ausschütten von selbst öffnen.

β) Die hölzernen Eimer sind Hand- oder Wassereimer gewöhnlicher Art, in deren Boden fünf bis sechs Löcher von etwa 10 bis 15 mm Weite gebohrt werden. An der Unterseite des Bodens befindet sich in der Mitte eine eiserne Krampe. Der Eimer, mit dem sonst auch üblichen eisernen Bügel versehen, wird über Wasser mit Beton gefüllt und an der Verfenkungsstelle auf ein ausgeschlitztes Brett so hingestellt, daß der Arbeiter den Wirbel einer gewöhnlichen Kuhkette leicht durch die Krampe am Boden schieben kann. Alsdann wird der an einer Stange angebrachte Eimerhaken in den Eimerbügel gehakt und der Eimer mit Hilfe dieser Stange hinabgefenkt. Sobald er unten aufsitzt, wird die Senkfange ausgehakt und der Eimer durch Anziehen der Kette vorsichtig gekippt; nach vollzogener Entleerung wird er, in umgekehrter Stellung an der Kette hängend, heraufgezogen. Da derlei Eimer oben unbedeckt sind, kommt der Beton mit dem Wasser viel in Berührung.

γ) Die Körbe haben die Form von vierseitigen abgestutzten Pyramiden; der Boden derselben wird durch zwei Klappen gebildet, deren Gelenke aus Kupferdraht hergestellt sind. Die untere Klappe, welche mit der Verfenkungskette in Verbindung gebracht wird, ist länger und bedeckt die obere Klappe. Beim Hinunterlassen des gefüllten Korbes hält die Kette die Bodenklappen geschlossen. Sitzt der Korb auf der Sohle auf, so wird er an den seitwärts befestigten Seilen in die Höhe gezogen, wobei sich die Klappen öffnen und der Beton herausfällt.

δ) Säcke werden feltener angewendet. Man kann gewöhnliche Kaffeesäcke benutzen, die durch aufgenähte Gurte widerstandsfähiger gemacht werden. An der unteren offenen Seite werden Ringe (etwa 1 cm weit) eingenäht; am anderen Ende wird ein steifes Rundholz befestigt. Der Schluß des gefüllten Sackes wird durch zwei Nadeln bewirkt, welche durch die gedachten Ringe gesteckt werden. An die Nadeln werden Leinen befestigt, die während des Herablassens des Sackes schlaff herabhängen. Nach dem Aufsitzen des Sackes auf der Sohle werden die Nadeln herausgezogen und der Sack in die Höhe gewunden, wobei der Beton herausfällt¹⁸⁶⁾.

Man hat wohl auch Rohre angewendet, welche nach der Baugrube zu ein starkes Gefälle haben und durch welche der Beton in dieselbe hinabgeschüttet wird; indess kommt hierbei der Beton zu viel mit dem Wasser in Berührung, so daß der Mörtel ausgespült wird; auch verstopfen sich die Rohre leicht.

3) Hat man ein Beton-Fundament im offenen (stehenden oder fließenden) Wasser herzustellen, so muß zunächst eine Umschließung der Baugrube, sei es mittels dichter Spund- oder Pfahlwand, sei es mittels Fangdamm oder Schwimmkästen, vorgenommen werden. In den im Hochbau verhältnismäßig selten vorkommenden Fällen dieser Art wird alsdann die Baugrube in der Regel wasserfrei gemacht und die Betonirung

¹⁸⁶⁾ Näheres in: Wochbl. f. Arch. u. Ing. 1881, S. 17.

in der bereits gedachten Weise ausgeführt; es ist indess nicht ausgeschlossen, daß die Betonirung unter Wasser geschieht, indem man den Beton in Trichtern oder in allseitig geschlossenen Kästen (von 0,06 bis 0,15 cbm Inhalt¹⁸⁷) verfenkt.

Man hat in diesem Falle sich wohl auch der vorhin gedachten Beton-Schaufeln bedient; indess sollte dies nur bei untergeordneten Bauwerken und in Ausnahmefällen geschehen. Bei der größten Vorrichtung findet stets ein, wenn auch geringes Auspülen des Mörtels statt, und über jeder Beton-Schicht bildet sich Kalkschleim; dieser muß vor Aufbringen einer neuen Betonlage sorgfältig entfernt werden, weil er den Zusammenhang der einzelnen Lagen beeinträchtigt.

Auch bei Beton-Gründungen im Wasser muß das Fundament durch eine Spundwand gegen Unterpülung geschützt werden; unter Umständen wird zu gleichem Zwecke auch noch eine Steinschüttung angeordnet.

In denselben Fällen, für die sich das bereits in Art. 391 (S. 275) vorgesehene Asphalt-Mauerwerk empfiehlt, kann auch Asphalt-Beton mit Vortheil verwendet werden.

411.
Asphalt-
Beton.

Die Gufsform dafür wird nach *Malo* in gleicher Weise, wie für Asphalt-Mauerwerk gebildet. Der Mastix-Asphalt wird auf 180 bis 200 Grad erhitzt und 50 bis 60 Procent feines Gewichtes Kieselsteine (in der Größe, wie sie beim Macadam angewendet wird) hineingeschüttet. Die Mischung wird unter fortwährendem Umrühren weiter gekocht, bis sie von Neuem die Temperatur erreicht hat, die sie durch Einführung der Kiesel verloren hat. Nunmehr gießt man die Mischung in die Gufsform und drückt dabei den Steinschlag kräftig zusammen, jedoch nicht so stark, daß er zerbricht. Nach dem Erstarren des Mastix erhält man einen festen, unveränderlichen und elastischen Fundament-Block.

Die Anwendung der Beton-Gründung ist eine im Hochbauwesen noch nicht genügend verbreitete, obwohl sie sich in äußerst verschiedenartigen Fällen als zweckmäßig erwiesen hat. Es sind in dieser Beziehung die nachstehenden Momente hervorzuheben.

412.
Anwendung.

1) Beton-Fundamente sind unter jenen Verhältnissen anzuwenden, die in Art. 405 (S. 285) angeführt wurden; sie können alsdann unter Umständen auch durch Sand-schüttungen oder durch Schwellroste ersetzt werden. Vor den letzteren bietet der Beton den Vortheil dar, daß man es mit einem monolithen Fundamentkörper zu thun hat, daß man von der Lage des Grundwasserspiegels völlig unabhängig ist und daß ein aus hydraulischem Beton hergestellter Fundamentkörper nach unten zu wasserdicht abschließt. Den Sand-schüttungen gegenüber zeigen Betonirungen den Uebelstand größerer Kosten; allein sie pressen sich unter der darauf gesetzten Last weniger zusammen und sind auch specifisch schwerer, daher geeigneter für Fundamente, als Sand-schüttungen.

Die Gründung des Kirchthurmes in Liebschütz (Sachsen) liefert ein interessantes, hier einschlägiges Beispiel. Der zuerst dort erbaute Thurm stürzte bald nach der Vollendung ein; der zweite mußte, nachdem er einige Jahre gestanden hatte, wegen Baufähigkeit abgetragen werden. Die Ursache dieser Katastrophen lag darin, daß man gemauerte Fundamente auf eine sumpfige, weiche und mit Lehmtheilchen gemischte Erdschicht gesetzt hatte. Bei der dritten Aufführung des Thurmes wurde ein Beton-Fundament (1 Theil Stern-Cement, 1 Theil gelöschten Kalk, 2 Theile scharfer Flußsand und 6 Theile Granitbrocken mit Schmiedeschlacken) von 1 m Stärke ausgeführt, welches sich vollständig bewährt hat¹⁸⁸).

¹⁸⁷) Ueber Einrichtung und Gebrauch solcher Beton-Trichter und -Kästen ist Näheres zu ersehen aus:

Craisses à couler le béton. Nouv. annales de la const. 1855, S. 37.

BREYMANN, G. A. Allgemeine Bau-Constructions-Lehre. IV. Theil. 2. Aufl. von A. SCHOLTZ. Stuttgart 1881. S. 379.

MENZEL, C. A. u. J. PROMNITZ. Die Gründung der Gebäude. Halle 1873. S. 154.

FRAUENHOLZ, W. Bau-Constructions-Lehre für Ingenieure. 3. Bd. München 1877. S. 363.

KLASEN, L. Handbuch der Fundirungs-Methoden. Leipzig 1879. S. 67.

FELDEGG, E. v. Allgemeine Constructionslehre des Ingenieurs. Nach Vorträgen von R. BAUMEISTER. Carlsruhe 1879. Fundirungen. S. 606.

Handbuch der Ingenieurwissenschaften. 1. Band. Herausgegeben von E. HEUSINGER v. WALDEGG.

2. Aufl. Leipzig 1884. S. 344.

¹⁸⁸) Näheres hierüber: Deutsche Bauz. 1874, S. 190.

2) Auch bei festerem Baugrunde kann man nicht selten Beton-Fundamente anwenden; ja man kann wohl auch voll gemauerte Fundamente durch betonirte ersetzen, namentlich dann mit Vortheil, wenn das Wasser störend auf die Fundirung einwirkt, gleich viel ob diese Störungen durch starken und zerstörenden Grundwasserzudrang oder durch offenes Wasser herbeigeführt werden. Indefs ist hierbei stets zu beachten, daß unter gewöhnlichen Verhältnissen der Beton theurer, als gutes Fundament-Mauerwerk, und daß letzteres auch tragfähiger ist, wie ersterer. Will man eine gleiche Widerstandsfähigkeit des Fundamentes erzielen, so muß man dem Betonkörper eine größere Mächtigkeit geben, als dem Mauerwerk, oder man muß im ersteren Falle eine größere Fundirungs-Tiefe vorsehen, als in letzterem.

Beispiel. Beim Bau des Reichsbankgebäudes in Bremen fand sich ein sehr lockerer, aufgefüllter Sandboden vor, der vom Druck benachbarter Gebäude schon bei 4 m Abstand seitlich auswich; der in größerer Tiefe vorhandene, gewachsene Boden war noch weniger tragfähig. Die Berechnung, die an einem älteren, zwar abzubrechenden, doch wohl erhaltenen Gebäude angefertigt wurde, ergab, daß dieser aufgefüllte Boden 0,69 kg für 1 qcm ohne jedes Setzen trug. Es wurde nunmehr der Druck eines jeden Mauerstückes des projectirten Neubaus auf den Baugrund berechnet; es ergab sich z. B. bei den Säulen-Fundamenten ein Druck von 83 471 kg; dies durch 0,69 dividirt ergab sich als erforderliche Fundament-Fläche 120 970 qcm. Dieselbe wurde um $\frac{1}{9}$ verringert, weil das alte Gebäude nur Kalkmauerwerk hatte, das neue aber Cement-Beton und Grundmauerwerk in verlängertem Cementmörtel erhalten sollte. Die hiernach mit 108 000 qcm sich ergebende Fundament-Sohle ist mit $3,0 \times 3,6$ m für jede Säule in 50 cm starker Betonficht ausgeführt und hierauf ein 1 m hohes Fundament-Mauerwerk, dessen Schichten um je $\frac{1}{4}$ Stein beiderseits absetzen und fo zum Kern der Kellermauern sich verjüngen.

3) Beton-Gründungen werden endlich statt anderer Fundirungsweisen angewendet, wenn die Kosten dadurch geringer werden.

Wollte man z. B. bei größerer Mächtigkeit der stark preßbaren Bodenschicht dieselbe bis auf den tragfähigen Baugrund ausheben, so könnte man zwar auf diesen direct das Fundament-Mauerwerk setzen; allein die Kosten der Grundgrabung und der Mauerung wären sehr bedeutend. Man kann unter Umständen in ökonomischer Beziehung vortheilhafter verfahren, wenn man eine geringere Fundirungs-Tiefe in Aussicht nimmt und mittels Beton auf preßbarem Boden gründet.

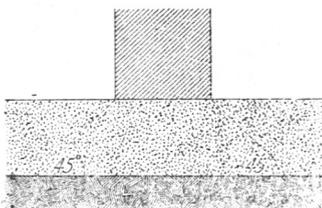
Man kann in solchen Fällen zwar auch Pfahlroft-Fundamente in Anwendung bringen, indem man mit Hilfe der Pfähle die vollständig tragfähige Bodenschicht zu erreichen trachtet; allein auch der Pfahlroft wird unter Umständen theurer zu stehen kommen als der Beton, so daß man ersteren durch letzteren ersetzt. Ueber die Vereinigung von Pfahlroft mit Beton-Platte wird noch im nächsten Abschnitt (Kap. I, b) die Rede sein.

b) Fundamente aus Sandfchüttungen.

An reinem, grobkörnigem Quarzand sind die folgenden, zum Theile bereits in den Fußnoten 151 u. 152 (S. 248) hervorgehobenen, für den Grundbau wichtigen Eigenschaften beobachtet und durch Versuche erhärtet worden.

1) Der auf eine Sandficht ausgeübte Druck wird in günstiger Weise nach unten vertheilt; der auf die Basis dieser Sandficht wirkfame Druck auf die Flächeneinheit kann bei genügender Mächtigkeit der Sandficht auf ein verhältnißmäsig geringes Maß gebracht werden.

Fig. 674.



Versuche haben ergeben, daß sich der auf die Sandficht wirkfame Druck nahezu unter 45 Grad nach unten vertheilt (vergl. Fig. 674 u. Art. 363, S. 251). Hagen hat ferner auf experimentellem Wege nachgewiesen, daß bei Aufbringung einer Sandficht der Druck auf ihre Unterlage Anfangs mit der Zunahme der Höhe auch wächst. Erhöht man die Schüttung immer mehr, so wird das Wachsthum jenes Druckes immer kleiner, bis es endlich ganz aufhört. Ueberschreitet die Mächtigkeit der Sandficht diese Höhe, so bleibt der Druck auf ihre Unterlage constant.