



UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Konstruktions-Elemente in Stein, Holz und Eisen, Fundamente

Marx, Erwin

Stuttgart, 1901

a) Betonfundamente

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

a) Betonfundamente.

423.
Allgemeines.

Konstruktionsteile eines Bauwerkes, die aus Beton hergestellt sind, werden häufig als Gußmauerwerk bezeichnet; dementsprechend schliesen sich an die im vorhergehenden Kapitel behandelten gemauerten Fundamente die Betonfundamente naturgemäfs an.

Das Kennzeichnende dieser Gründungsweise besteht in der Herstellung einer monolithen Fundamentplatte, bzw. eines monolithen Fundamentklotzes, aus einer einheitlichen Masse ohne jegliche Lager- und Stofsugen gebildet. Die monolithische Betonplatte, bzw. der monolithische Betonklotz mufs hoch genug fein und eine genügende Grundfläche haben, um den vom darauf stehenden Bauwerk ausgeübten Druck aufnehmen zu können und in folcher Weise auf den Baugrund zu übertragen, dafs das Fundament keine nachteilige Veränderung erfährt.

Im alten Rom wurden Fundamente aus Gußmauerwerk vielfach zur Anwendung gebracht, wozu die Beschaffenheit des Baugrundes wesentlich beitrug. Der letztere besteht aus aufgehäuften vulkanischen Massen, die ziemlich zähe sind und infolgedessen gestatteten, dafs man die Baugrube mit lotrechten Wänden aushob und dieselbe entweder gar nicht oder nur sehr leicht abzimmerte. Auf folche Weise bildeten die Fundamentgräben ein genügend widerstandsfähiges Bett, in welches das Gußmauerwerk eingebracht und festgestampft werden konnte.

Betonfundamente können ebenfowohl im Trockenem, wie 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 nötig auch von der Seite verhüten. Der Beton ist auch in vorzüglicher Weise geeignet, etwaige Unregelmäfsigkeiten der Baufohle auszugleichen. Ueberhaupt bilden Beton Gründungen, an richtiger Stelle angewendet und in richtiger Weise ausgeführt, ein vorzügliches Gründungsverfahren.

424.
Material.

Für die Herstellung eines Betonfundaments ist hydraulischer Beton nicht unbedingt erforderlich; bei Gründungen im Trockenem kann Luftmörtel zur Betonbereitung verwendet werden; dagegen mufs man möglichst rasch erhärtendes Material, am besten Zementbeton wählen, wenn man das Eindringen von Wasser in die Baugrube verhüten will. Für die Güte des zu verwendenden Betons sind 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 mäfsiger Last, sowie bei festerem Baugrunde genügt eine mittlere Beschaffenheit Beton und eine leichte Ausführung. Für das Tragen schwerer Lasten jedoch (4 kg für 1 qcm und darüber), zur Ausgleichung des Druckes über stark pressbarem Boden oder zu Dichtung von Quellen sind die beste Sorte Beton und sehr sorgfältige Arbeit erforderlich. Die sorgfältigste Ausführung ist vor allem dann notwendig, wenn das Bauwerk bei grofser Grundfläche, bei grofsem Wasserdruck und durchlässigem Boden ein wasserdichtes Becken bilden soll.

Der letztgedachte Fall tritt bei der Ausführung gröfserer Behälter ein. Ein interessantes Beispiel hierfür bietet die Gründung des Bühnenraumes im neuen Opernhause zu Paris dar. Man hatte es dort mit einem sehr bedeutenden Grundwasserandrang zu thun; daselbe strömte unter einer Druckhöhe von ca. 5 m zu. Um die Räume unterhalb der Bühne trocken zu erhalten, wurde ein grofses Becken aus Zementbeton ausgeführt.

Bezüglich der Betonbereitung und der dazu zu verwendenden Stoffe sei auf Teil I, Band 1, erste Hälfte dieses »Handbuches« (Abt. I, Abchn. 1, Kap. 4) verwiesen.

Die Mächtigkeit des Betonfundaments 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 Faktoren anbelangt, so kann als Anhaltspunkt dienen, daß guter hydraulischer Beton bei ca. 1 m Stärke eine Last von 4 bis 5 kg für 1 qm 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 verteilt ist. Unter gewöhnlichen Verhältnissen genügt alsdann eine Mächtigkeit des Betonfundaments 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 Betonplatte von bestimmter Dicke (namentlich bei größeren Belastungen), so sind unmittelbare Versuche zu empfehlen. Betonblöcke von der beabsichtigten Breite und Mächtigkeit werden auf dem vorhandenen Baugrunde probeweise ausgeführt und Probelastungen 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 endgültigen Lasten anzunehmen, weil der Beton im Laufe der Zeit immer härter wird.

Zeigt sich in der Baugrube starker Wasserandrang und soll die Betonplatte 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. 382 (S. 313) die erforderliche Stärke der Betonschicht berechnen, indem man die maßgebende Wassertiefe durch das Gewicht der Raumeinheit Beton (2,0 bis 2,2) dividiert.

Die so gefundene Stärke ist, wie an der angezogenen Stelle bereits gesagt wurde, jedenfalls zu groß, da das Wasser bei der Bewegung zwischen den Bodenteilchen 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 Betonfundaments ergibt sich aus seiner Nutzfläche und letztere wieder aus der zulässigen, im vorhergehenden Artikel bereits angegebenen Belastung für die Flächeneinheit. Uebt das auf das Betonfundament aufzusetzende Bauwerk einen größeren als den größten zulässigen Druck aus, so muß derselbe durch entsprechende Verbreiterung des betreffenden Mauerwerkes oder der sonstigen Konstruktionssteile herabgemindert werden (Fig. 712). In den allermeisten Fällen genügt es, wenn die Sohle

Fig. 712.

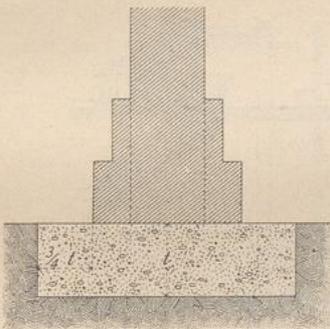
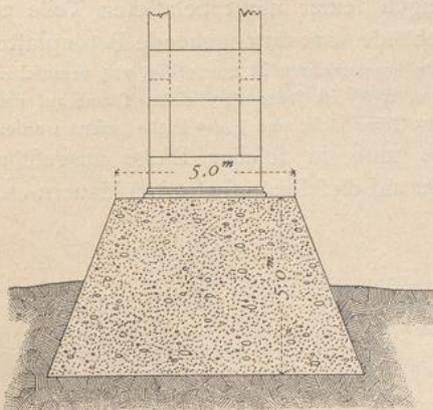


Fig. 713.



Betonfundament einer Freistütze von der Weltausstellungs-Rotunde in Wien (1873).

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

des Betonfundaments vor der Grundfläche des darauf gesetzten Baukörpers an allen Seiten um etwa $\frac{3}{4}$ seiner Stärke vorspringt (Fig. 712). Meist werden parallel epipedisch gestaltete Betonplatten zur Ausführung gebracht (Fig. 712); indes kommen auch Betonklötze vor, deren wagrechter Querschnitt sich nach unten allmählich vergrößert (Fig. 713).

In Rotterdam und anderen holländischen Städten werden bei Gründungen auf Moorboden von bedeutender Mächtigkeit Betonfundamente von sehr großer Breite angewendet, so daß die Betonkörper mit sehr breiten Abfätzen vor den betreffenden Mauern vorspringen. Man erzielt dadurch das gleichmäßige Einlinken des ganzen Gebäudes, welches anfangs sehr beträchtlich ist, später jedoch ganz aufhört.

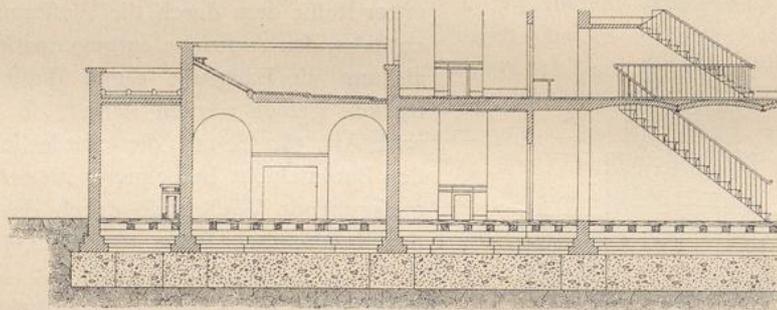
426.
Durch
Eiseneinlagen
verflärkte
Beton-
fundamente.

Um eine bessere Druckübertragung zu erzielen, werden in den Vereinigten Staaten von Nordamerika in die Betonplatten schmiedeeiserne Träger oder Stahlfchienen eingelegt. In Chicago wird zunächst eine rund 30 cm starke Betonplatte zur Ausführung gebracht, und auf diese werden zwei gleichfalls in Beton verlegte, einander kreuzende Stahlträger von rund 25 cm Höhe oder auch nur Eisenbahnschienen verlegt; dabei nimmt die obere Trägerlage die Säulenfüße auf.

427.
Durchgehendes
Beton-
fundament.

Handelt es sich um die Gründung eines größeren Gebäudes, so wird in den meisten Fällen jede Wand, bzw. jeder Pfeiler desselben auf ein besonderes Betonfundament gesetzt. Sind jedoch die Räume eines Gebäudes sehr klein, so daß die Wände desselben einander sehr nahe stehen, oder ist der Baugrund sehr nachgiebig,

Fig. 714.



Von einem Wohnhaus zu London (*Lowndes street*²²⁷). — $\frac{1}{200}$ w. Gr.

so daß unter stärkerem Drucke das Emporfteigen seiner nicht belasteten Teile zu befürchten ist, so legt man unter das ganze Gebäude eine durchgehende Betonplatte.

Das in Londoner Häusern vielfach angewendete Gründungsverfahren ist durch Fig. 714 veranschaulicht. — Beim Bau der Marienkirche in Stuttgart (Arch.: v. Egle) ist jeder der beiden Türme auf eine durchgehende Betonplatte (Portland-Zementbeton) von 140 qm Grundfläche und 1,40 m Dicke gesetzt worden.

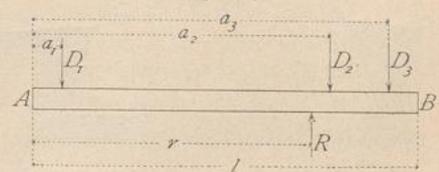
Eine derartige durchgehende Betonplatte muß in solcher Dicke ausgeführt werden, damit sie unter den isolierten Drücken der auf dieselbe aufgesetzten Mauern etc. nicht bricht.

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

Wird eine Betonplatte AB (Fig. 715) durch die isolierten 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 Reaktion R des Baugrundes

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

Fig. 715.



²²⁷) Nach: *Revue gén. de l'arch.* 1855, Pl. 16, 22.

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

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

oder

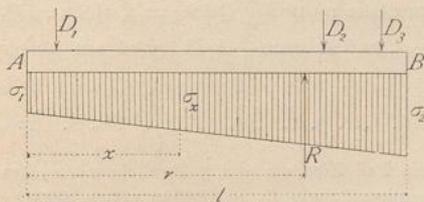
$$\Sigma(D a) = R r$$

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 deselben sehr nahe der Fall ist, so findet, gleichartigen Baugrund vorausgesetzt, die Verteilung der herrschenden Drücke nach einer geraden Linie statt, und es ergibt sich, wegen der im allgemeinen exzentrischen Beanspruchung, als Druckfigur ein Trapez²²⁸⁾. Alsdann ist nach Fig. 716, wenn man die Spannungen an den Kanten A und B bzw. mit σ_1 und σ_2 bezeichnet,

Fig. 716.



woraus

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

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

Ferner ist

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

oder

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

woraus

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

Hiermit den oben gefundenen Wert von σ_1 verglichen, giebt

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

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 Verhältnis

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

zu bestimmen, ergibt sich also zu

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

Für die Ermittlung der Betonplattendicke 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 Wert eingesetzt, wird

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

Das Biegemoment M_x bildet hiernach eine Kurve dritten Grades, deren größte Ordinate den Höchstwert vorstellt. Differenziert man die letzte Gleichung nach x , so erhält man

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

²²⁸⁾ Siehe Teil I, Bd. 1, zweite Hälfte dieses »Handbuchs«, Art. 320 u. 321, S. 274 u. 275 (2. Aufl.: Art. 111 u. 113, S. 86 u. 89. — 3. Aufl.: Art. 126 u. 129, S. 112 u. 115).

woraus sich ergibt

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

Diese Gleichung ist in dem durch Fig. 716 dargestellten Falle sowohl für $\Sigma(D) = D_1$, als auch für $\Sigma(D) = D_1 + D_2$ zu lösen, um zu ermitteln, ob das grössere Moment zwischen D_1 und D_2 oder zwischen D_2 und D_3 gelegen ist.

Für die Beanspruchung auf Biegung ist nun ²²⁹⁾

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

wenn mit \mathcal{J} das Trägheitsmoment des Querschnittes, mit a der Abstand der am meisten gezogenen Faser von der Nulllinie, mit M_{max} das grösste Moment und mit K die grösste zulässige Beanspruchung des Betons auf Zug bezeichnet wird.

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

$$h = \sqrt[3]{\frac{6 M_{max}}{K}} \dots \dots \dots 239.$$

Beispiel. Für den durch Fig. 715 näher bezeichneten Fall seien die von 3 Parallelmauern eines Haufes (auf eine Tiefe von 1 m senkrecht 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

$$R = 9600 + 6800 + 9600 = 26000 \text{ kg},$$

$$r = \frac{9600 \cdot 1,42 + 6800 \cdot 8,12 + 9600 \cdot 11,12}{26000} = 6,75 \text{ m},$$

$$\sigma_2 = \frac{2 \cdot 26000}{12,55} \left(\frac{3 \cdot 6,75}{12,55} - 1 \right) = 2544 \text{ kg}$$

und

$$\sigma_1 = \frac{2 \cdot 26000}{12,55} \left(2 - \frac{3 \cdot 6,75}{12,55} \right) = 1599 \text{ kg}.$$

Der Gesamtdruck auf den Baugrund beträgt hiernach

$$12,55 \frac{2544 + 1599}{2} + \text{Gewicht der Betonplatte} = 26000 \text{ kg} + \text{Gewicht der Betonplatte.} *$$

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 den Höchstwert erreicht, 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 grösste Moment

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

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

Die Abcisse des grössten Biegemoments zwischen D_2 und D_3 folgt aus der Gleichung

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

d. h. daselbe fällt mit dem Moment M zusammen, und das berechnete $M_{max} = \infty 13000$ mkg ist wirklich das grösste Biegemoment, welches in der fraglichen Betonplatte auftritt.

²²⁹⁾ Nach Gleichung 36, S. 262 (2. Aufl.: Gleichung 44, S. 65. — 3. Aufl.: Gleichung 59, S. 77) in Teil I, Bd. 1, zweite Hälfte dieses »Handbuches«.

Die Dicke h dieser Platte ergibt sich, wenn man $K = 2 \text{ kg für } 1 \text{ qcm}$ ($= 20\,000 \text{ kg für } 1 \text{ qm}$) annimmt, nach Gleichung 239 zu

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

Die aus Gleichung 239 berechnete Dicke einer durchgehenden Betonplatte ergibt sehr hohe Werte, weil die Mitwirkung des unter der Betonplatte befindlichen Baugrundes nicht mitberücksichtigt ist; eine solche Dicke wird demnach nur bei ganz lockerem Baugrund notwendig sein. Wollte man die Mitwirkung des Baugrundes mit in Rechnung ziehen, so hätte man ein ähnliches Verfahren zu wählen, wie es *Winkler*²³⁰⁾ für die Berechnung des eisernen Langschwelenoberbaues der Eisenbahnen eingeschlagen hat. Hierdurch ergibt sich indes eine so verwickelte Rechnung, und es wären noch so viele Erfahrungszahlen zu ermitteln, daß man wohl von einer solchen Rechnungsweise absehen muß. Am vorteilhaftesten dürfte es sonach sein, die Dicke h nach Gleichung 239 zu ermitteln und dann, der jeweiligen Beschaffenheit des Baugrundes entsprechend, einen bestimmten aliquoten Teil dieser Dicke der Ausführung zu Grunde zu legen, d. h. eine Dicke h' zu wählen, welche

$$h' = \alpha h$$

beträgt, worin α eine Erfahrungsziffer ist, die bei ganz lockerem Baugrund, der gar nicht mitträgt, gleich 1 ist und mit steigender Widerstandsfähigkeit desselben bis zu $\frac{1}{3}$ anwachsen kann.

Durchgehende Betonfundamente sind auch dann mit Vorteil anzuwenden, wenn der Baugrund Rutschungen befürchten läßt. Treten letztere ungeachtet aller sonst noch getroffenen Vorkehrungen ein, so bewegt sich die Betonplatte mit dem ganzen darauf stehenden Gebäude, nicht einzelne Teile des letzteren; unter Um-

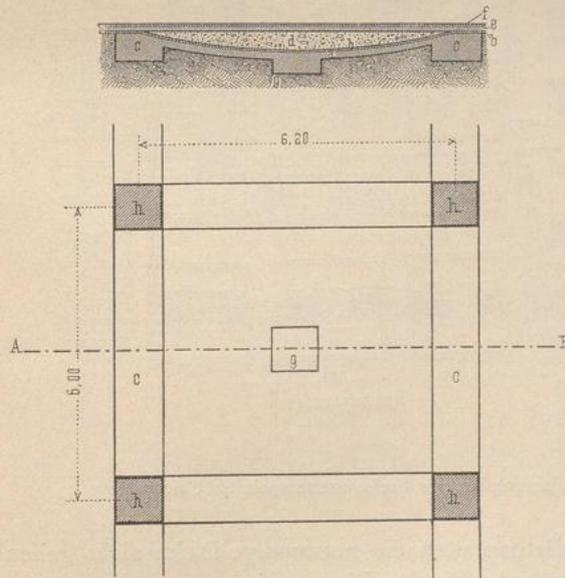
fänden bleibt dabei das Gebäude unverfehrt, wie die letzten Berg-rutsche in Aachen gezeigt haben.

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 Betonplatte liegt auf einer mehrere Meter hohen Sandschicht, unter der sich fast un-ergründlicher, nasser Kleiboden befindet; die Sandschicht ist durch Stützmauern gegen feilliches Ausweichen geschützt.

Durchgehende Fundamente aus Zementbeton sind ferner zu empfehlen, wenn die Kellerfohle eines Gebäudes gegen das Eindringen des Grundwassers zu schützen ist (vergl. Art. 382, S. 311); unter besonders schwierigen Verhältnissen

428.
Weitere
Anwendung
durchgehender
Betonplatten.

Fig. 717.



Von der Markthalle IV zu Berlin. — $\frac{1}{150}$ w. Gr.

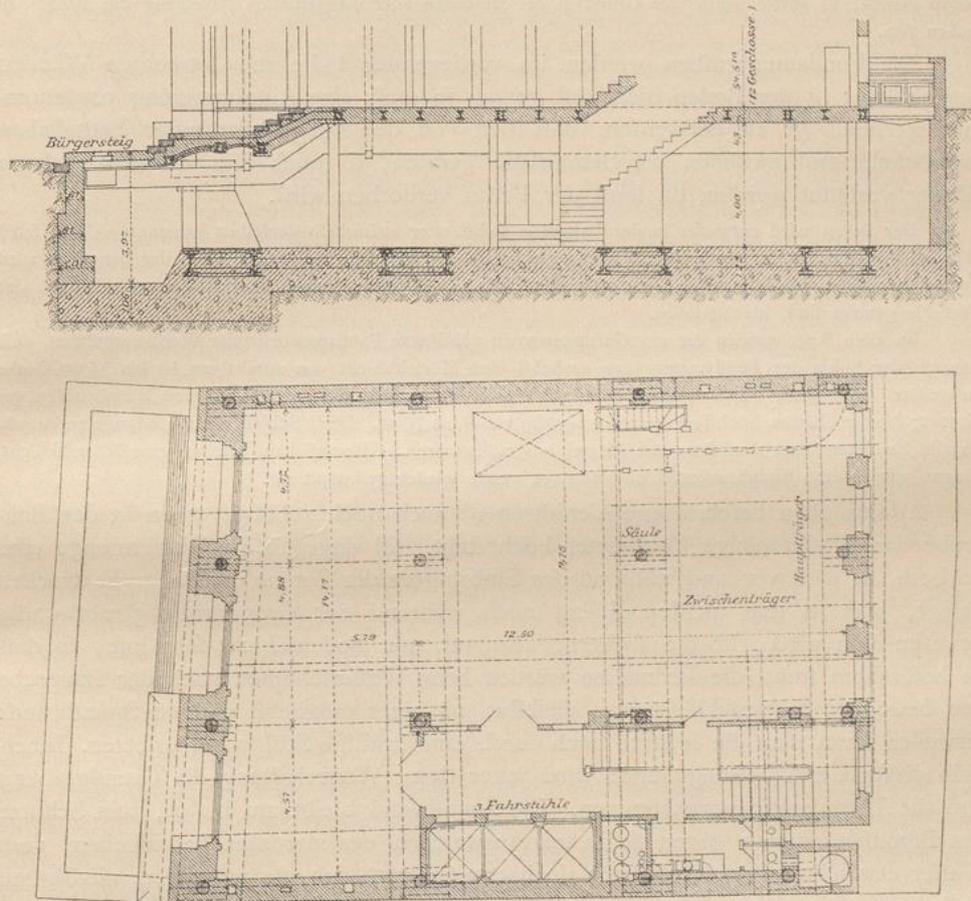
²³⁰⁾ In: WINKLER, E. Vorträge über Eisenbahnbau etc. Heft 1: Der Eisenbahn-Oberbau. 3. Aufl. Prag 1875. Kap. 17: Elasticitäts- und Festigkeitstheorie der Schienen.

Baugrund so ungleichmäÙig ist, daÙ gleiche Erscheinungen zu erwarten sind, so hat man in solche Platten auch schon eiserne Verankerungen eingelegt.

Bei der 1846 erbauten Nicolaikirche zu Hamburg wurden in die 2,50 bis 3,50 starke Betonplatte Bandeisen eingelegt.

In den nordamerikanischen Städten hat man, ähnlich wie dies bereits in Art. 429 (S. 350) für gewöhnliche Betonfundamente erwähnt worden ist, auch in die durchgehenden Betonplatten Eisen- oder Stahlträger eingelegt. Die Verwendung dieser Gründungsart veranschaulicht Fig. 719, welche dem von Lemos & Cordes erbauten Geschäftshaus in der Pine-Street zu New-York angehört.

Fig. 719.



Gründung eines Geschäftshauses in der Pine-Street zu New-York²³²⁾. — $\frac{1}{150}$ w. Gr.

Hierdurch ist der Uebergang zu den Betoneisenrosten, von denen in Kap. 4, unter c noch die Rede sein wird, vermittelt.

Bezüglich der Ausführung der Betonfundamente ist noch das folgende zu beachten.

430.
Ausführung.

1) Kommt in der Baugrube kein Grundwasser vor, so wird, nachdem die Sohle derselben nach Thunlichkeit geebnet wurde, die Betonschüttung schichtenweise eingebracht und abgerammt. Die Dicke der einzelnen Lagen soll nicht unter 15 cm

²³²⁾ Fakf.-Repr. nach: Zeitschr. f. Bauw. 1895, Bl. 28.

betragen; sie soll aber auch nicht 25 bis 35 cm überschreiten, weil sonst das Rammen zu wenig wirksam ist. Das letztere wird in der Regel mit Handrammen vorgenommen und dabei der Beton mit Wasser begossen; das Dichten würde vollkommen geschehen, wenn man statt der Rammen schwere Handwalzen anwenden würde; letztere ließen sich auch unter Wasser anwenden. Indes sind auch schon Stampf- oder Stauchmaschinen zur Anwendung gekommen.

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

Die Fundamentgräben werden im vorliegenden Falle mit lotrechten Wänden ausgehoben; ist der Boden nicht fest genug, so muß eine Auszimmerung vorgenommen werden. Ist zu befürchten, daß sich von den Baugrubenwänden Erdteilchen losbröckeln und zwischen die Betonmasse geraten, 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 Bauföhle geneigt sind, hinabgelassen.

Im alten Rom wurden die aus Gufsmauerwerk gebildeten Fundamente in der Weise ausgeführt, daß man auf der Sohle der Fundamentgräben zunächst eine Mörtelschicht von mindestens 10 bis 15 cm Dicke ausbreitete. Auf diese wurde eine ebenso dicke oder nur wenig dickere Schicht von Steinbrocken geschüttet; letztere hatten höchstens eine Korngröße 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 des Einbringens des Betons die Baugrube trocken gelegt, was in den meisten Fällen auch während der Grundgrabung notwendig gewesen sein wird. Ist die lockere, abzugrabende Bodenschicht sehr lose, so daß zu befürchten steht, die Erdmassen würden beim Wassers 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 Betonierung vorgenommen. Die Spundwand bleibt am besten, zum Schutze des Betonfundaments 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 die 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 vom sofortigen Trockenlegen der Baugrube abzusehen, muß vielmehr zunächst auf ihrer Sohle eine Betonfschicht von entsprechender Dicke ausbreiten und erst nach Erhärtung derselben das Wasser auspumpen. Eine solche Betonlage kann auch dazu dienen, einzelne Quellen zu schließsen und ihre schädliche Einwirkung auf das Fundament aufzuheben (vergl. Art. 400, S. 327).

Um derartige Betonfschichten herzustellen, ist es nicht zulässig, daß man den Beton ohne weiteres in das Wasser schüttet, weil alsdann der Mörtel ausgepült und

die Erhärtung des Betons 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 Rohrgewebe oder Säcke in Anwendung gebracht.

α) Die in erster Reihe genannten Betonschaufeln 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 nachteilige 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 Senkflange 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 seltener angewendet. Man kann gewöhnliche Kaffeefäcke 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 herausfällt²³³⁾.

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

3) Hat man ein Betonfundament im offenen (stehenden oder fließenden) Wasser herzustellen, so muß zunächst die Umschließung der Baugrube, sei es mittels dichter Spund- oder Pfahlwand, sei es mittels Fangdamm oder Schwimmkasten, vorgenommen werden. In den im Hochbau verhältnismäßig selten vorkommenden Fällen dieser Art wird alsdann die Baugrube in der Regel wasserfrei gemacht und die Betonierung in der bereits gedachten Weise ausgeführt; indes ist nicht ausgeschlossen, daß die Betonierung unter Wasser geschieht, indem man den Beton in Trichtern oder in allseitig geschlossenen Kästen (von 0,06 bis 0,15 cbm Inhalt²³⁴⁾) verfenkt.

²³³⁾ Näheres in: Wochbl. f. Arch. u. Ing. 1881, S. 17.

²³⁴⁾ Ueber Einrichtung und Gebrauch solcher Betontrichter und -Kästen ist Näheres zu ersehen aus: *Caisnes à couler le béton. Nouv. annales de la const.* 1855, S. 37.

Man hat in diesem Falle sich wohl auch der vorhin gedachten Betonchaufeln bedient; indes sollte dies nur bei untergeordneten Bauwerken und in Ausnahmefällen geschehen. Bei der größten Vorsicht findet stets ein, wenn auch geringes Auspülen des Mörtels statt, und über jeder Betonficht bildet sich Kalkschleim; dieser muß vor dem 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 Unterföpfung geschützt werden; unter Umständen wird zu gleichem Zwecke auch noch eine Steinfchüttung angeordnet.

431.
Asphaltbeton.

In denselben Fällen, für die sich das bereits in Art. 408 (S. 332) vorgeföhrte Asphaltmauerwerk empfiehlt, kann auch Asphaltbeton mit Vorteil verwendet werden.

Die Gufsform dafür wird nach *Malo* in gleicher Weise, wie für Asphaltmauerwerk gebildet. Der Mastixasphalt wird auf 180 bis 200 Grad erhitzt und 50 bis 60 Vomhundert feines Gewichtes Kieselsteine (in der Gröfse, wie sie beim Macadam angewendet wird) hineingeschüttet. Die Mischung wird unter fortwährendem Umröhren weiter gekocht, bis sie von neuem die Temperatur erreicht hat, die sie durch Einföhren 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 Fundamentblock.

432.
Anwendung.

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

1) Betonfundamente sind unter jenen Verhältnissen anzuwenden, die in Art. 422 (S. 343) angeführt wurden; sie können alsdann unter Umständen auch durch Sandschüttungen oder durch Schwellroste ersetzt werden. Vor den letzteren bietet der Beton den Vorteil 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 Sandschüttungen gegenüber zeigen Betonierungen den Uebelstand größerer Kosten; allein sie pressen sich unter der darauf gesetzten Last weniger zusammen und sind auch spezifisch schwerer, daher geeigneter für Fundamente als Sandschüttungen.

Die Gründung des Kirchturmes in Liebschütz (Sachsen) liefert ein interessantes, hier einschlägiges Beispiel. Der zuerst dort erbaute Turm stürzte bald nach der Vollendung ein; der zweite mußte, nachdem er einige Jahre gestanden hatte, wegen Baufälligkei abgetragen werden. Die Ursache dieser Katastrophen lag darin, daß man gemauerte Fundamente auf eine sumpfige, weiche und mit Lehmteilchen gemischte Erdschicht gesetzt hatte. Bei der dritten Ausführung des Turmes wurde ein Betonfundament (1 Teil Sternzement, 1 Teil gelöschter Kalk, 2 Teile scharfer Flußsand und 6 Teile Granitbrocken mit Schmiedeschlacken) von 1 m Stärke ausgeführt, welches sich vollständig bewährt hat²³⁵⁾.

2) Auch bei festerem Baugrunde kann man nicht selten Betonfundamente anwenden; ja man kann wohl auch voll gemauerte Fundamente durch betonierte ersetzen, namentlich dann mit Vorteil, wenn das Wasser störend auf die Gründung einwirkt, gleichviel, ob diese Störungen durch starken und zerstörenden Grundwasserzudrang oder durch offenes Wasser herbeigeföhrt werden. Indes ist hierbei stets

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

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

FRAUENHOLZ, W. Bau-Constructions-Lehre für Ingenieure. Bd. 3. 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. Band 1. Herausgegeben von E. HEUSINGER v. WALDEGG. 2. Aufl. Leipzig 1884. S. 344.

²³⁵⁾ Näheres hierüber: Deutsche Bauz. 1874, S. 190.

zu beachten, daß unter gewöhnlichen Verhältnissen der Beton teurer als gutes Fundamentmauerwerk und daß letzteres auch tragfähiger ist, wie ersteres. Will man eine gleiche Widerstandsfähigkeit des Fundaments erzielen, so muß man dem Betonkörper eine größere Mächtigkeit geben als dem Mauerwerk, oder man muß im ersteren Falle eine größere Gründungstiefe 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 angestellt wurde, ergab, daß dieser aufgefüllte Boden 0,69 kg für 1 qcm ohne jedes Setzen trug. Nunmehr wurde der Druck eines jeden Mauerstückes des beabsichtigten Neubaues auf den Baugrund berechnet; es ergab sich z. B. bei den Säulengründungen ein Druck von 83 471 kg; dies durch 0,69 dividiert, ergab als erforderliche Fundamentfläche 120 970 qcm. Dieselbe wurde um $\frac{1}{9}$ verringert, weil das alte Gebäude nur Kalkmauerwerk hatte, das neue aber Zementbeton und Grundmauerwerk in verlängertem Zementmörtel erhalten sollte. Die hiernach mit 108 000 qcm sich ergebende Fundamentsohle ist mit $3,00 \times 3,60$ m für jede Säule in 50 cm starker Betonschicht ausgeführt und hierauf ein 1 m hohes Fundamentmauerwerk, dessen Schichten um je $\frac{1}{4}$ Stein beiderseits absetzen und so zum Kern der Kellermauern sich verjüngen.

3) Beton Gründungen werden endlich statt anderer Gründungsweisen 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 unmittelbar das Fundamentmauerwerk setzen; allein die Kosten der Grundgrabung und der Mauerung wären sehr bedeutend. Man kann unter Umständen bezüglich der Baukosten vorteilhafter verfahren, wenn man eine geringere Gründungstiefe in Aussicht nimmt und mittels Beton auf etwas pressbarem Boden gründet.

Man kann in solchen Fällen zwar auch Pfahlrosthfundamente in Anwendung bringen, indem man mit Hilfe der Pfähle die vollständig tragfähige Bodenschicht zu erreichen trachtet; allein auch der Pfahlrost wird unter Umständen teurer zu stehen kommen als der Beton, so daß man ersteren durch letzteren ersetzt. Ueber die Vereinigung von Pfahlrost mit Betonplatte wird noch im nächsten Abschnitt (Kap. 1, unter b) die Rede sein.

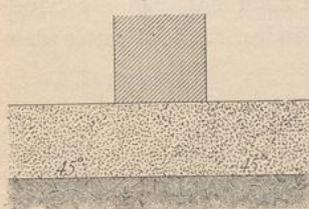
b) Fundamente aus Sandfüllungen.

An reinem, grobkörnigem Quarzsand sind die folgenden, zum Teile bereits in den Fußnoten 181 u. 182 (S. 303) hervorgehobenen, für den Grundbau wichtigen Eigenschaften beobachtet und durch Versuche erhärtet worden.

433.
Eigenschaften
des
Sandes.

1) Der auf eine Sandschicht ausgeübte Druck wird in günstiger Weise nach unten verteilt; der auf die Sohle dieser Sandschicht wirkende Druck auf die Flächeneinheit kann bei genügender Mächtigkeit der Sandschicht auf ein verhältnismäßig geringes Maß gebracht werden.

Fig. 720.



Verfuche haben ergeben, daß sich der auf die Sandschicht wirkende Druck nahezu unter 45 Grad nach unten verteilt (vergl. Fig. 720 und Art. 379, S. 306). Hagen hat ferner auf experimentellem Wege nachgewiesen, daß beim Aufbringen einer Sandschicht der Druck auf ihre Unterlage anfangs mit der Zunahme der Höhe auch wächst. Erhöht man die Schüttung immer mehr, so wird das Wachstum jenes Druckes immer kleiner, bis es endlich ganz aufhört. Ueberschreitet die Mächtigkeit der Sandschicht diese Höhe, so bleibt der Druck auf ihre Unterlage konstant.

2) Wenn der Sand durch seitliche Umschließung gegen das Auseinanderquellen geschützt ist, so zeigt er bei aufgebrachtener Belastung zwar eine ziemlich bedeutende Pressbarkeit; sobald jedoch die Zusammendrückung ein gewisses größtes Maß erreicht hat, verwandelt sich der Sand in eine kaum pressbare Schicht²³⁶⁾.

²³⁶⁾ An dieser Stelle mag auf die in den Fußnoten 181 u. 182 (S. 303) angeführten Versuche Hagen's verwiesen werden, die sich zum nicht geringen Teile auf die Ermittlung der Eigenschaften des Sandes beziehen. Ueberdies hat auch